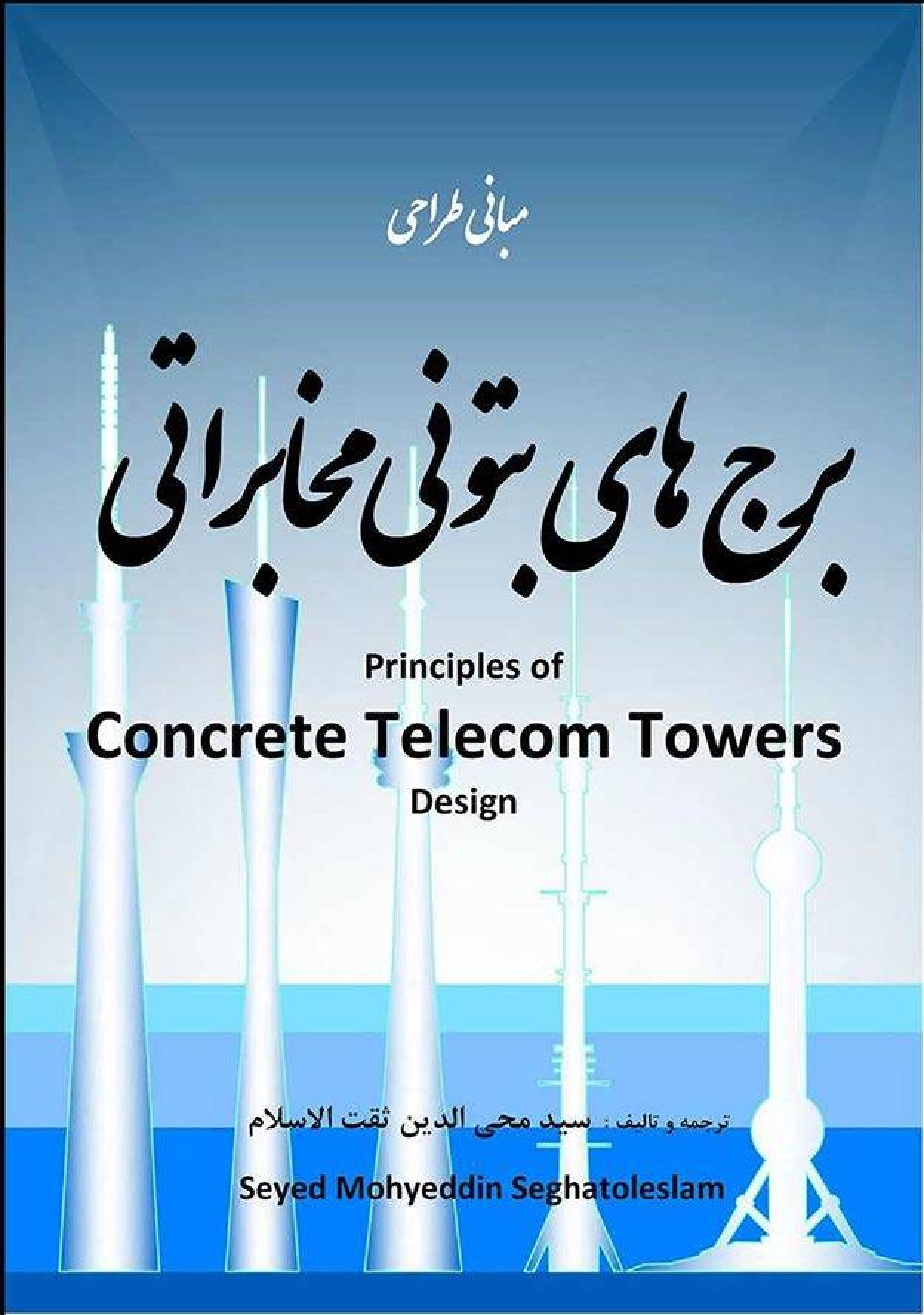


مبانی طراحی

برج های بتونی مخابراتی

Principles of

Concrete Telecom Towers

Design

ترجمه و تالیف : سید محی الدین ثقت الاسلام

Seyed Mohyeddin Seghatoleslam

بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی طراحی

برج های بتونی مخابراتی

Principles of

Concrete Telecom Towers

Design

تالیف و ترجمه: سید محی الدین ثقت الاسلام

Seyed Mohyeddin Seghatoleslam

Preface

In the contemporary world, mass media play an indispensable role in disseminating thoughts, ideas, and opinions, shaping public discourse and influencing societal development. Through various channels—broadcast, written, and spoken communication—mass media reach vast audiences, fostering intellectual exchange and advancing human civilisation. The effects of mass media span multiple domains, including political, social, psychological, and economic spheres. It has a profound impact on individual beliefs, preferences, values, and even personal identities.

Among the various forms of media, television holds a unique appeal and continues to be an invaluable medium of communication that engages audiences of all ages.

Television programmes can be examined from multiple perspectives, including their social implications, educational utility, cultural and commercial significance, health-related influences, and psychological effects. Notably, research has demonstrated that individuals experiencing social isolation often turn to television to establish parasocial relationships with media personalities, thereby alleviating feelings of loneliness and exclusion. Scholars *Jaye Derrick* and *Shira Gabriel* of the University of Buffalo, along with *Kurt Hugenberg* of the University of Miami, propose the "***social surrogacy***"[1] hypothesis, which posits that individuals deprived of active interpersonal engagement feel less isolated when watching their favourite television programmes. Consequently, television serves as an emotional refuge, easing psychological distress and reducing the negative effects of social isolation.

Technological advancements in recent decades have significantly improved the efficiency and scope of television broadcasting. The global transmission of signals has been enabled by telecom satellites, supported by ground-based transmitter antennas and towering structures—constructed from steel and reinforced concrete—that facilitate seamless signal propagation to conventional receivers. Given the critical role of

[1] Derrick, J.L., Gabriel, S. and Hugenberg, K. (2009). Social surrogacy: How favored television programs provide the experience of belonging. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(2), pp.352–362.

these architectural and engineering marvels, it is essential to explore the structural and functional characteristics of telecom towers worldwide.

This book offers architects and engineers a comprehensive understanding of these monumental structures, providing design criteria for professionals specialising in architecture, structural engineering, telecommunications, and related fields. The primary objective is to equip practitioners with the fundamental principles required for the conceptualisation and execution of concrete telecom towers measuring 200 metres and above.

The design and construction of such towers represent an intricate and collaborative process, involving a diverse team of designers, consultants, and engineers. A notable example is the Toronto TV Tower in Canada, one of the tallest concrete telecom towers in the world, standing at an impressive height of 553.33 metres. The construction of this tower necessitated the unwavering dedication of a team comprising 1,537 architects, engineers, contractors, and specialists, working continuously over a span of 40 months. It is imperative to acknowledge the profound contributions of specialised construction firms, whose expertise and technological proficiency are instrumental in realising these remarkable structures.

This book is systematically structured into seven chapters:

- **Chapter 1:** Covers technical equipment, including the evolution of communication technology, antenna systems, and essential design considerations.
- **Chapter 2:** Addresses structural design aspects, offering a comparative analysis of 42 existing concrete telecom towers above 200 metres in height, along with a classification of their structural systems.
- **Chapter 3:** Examines briefly construction methodologies, particularly slip-forming and jump-forming techniques.
- **Chapter 4:** Discusses the architectural design features of telecom towers and their influence on the surrounding environments. It includes a review of globally renowned telecom towers measuring 200 metres and above, with analyses of their architectural concepts, structural plans, and longitudinal sections. Additionally,

this chapter provides an examination of 15 exemplary concrete telecom towers, highlighting their unique design principles and engineering innovations.

- **Chapter 5:** Explores briefly electrical and mechanical systems, encompassing heating and cooling mechanisms, sanitation infrastructure, elevator design, and fire safety protocols.
- **Chapter 6:** Focuses on maintenance and inspection procedures for steel structures, as well as antenna and feeder repair strategies.
- **Chapter 7:** Presents the appendices alongside a comprehensive bibliography. Appendix 1 categorises existing telecom towers and masts exceeding 350 metres in height based on their structural classifications. Appendix 2 compiles the images and tables referenced throughout the book. Appendix 3 provides a brief analysis of structural classification systems for tall buildings, offering insights into their design and engineering principles.

This 481-page volume, "***Principles of Concrete Telecom Towers Design***", is presented in Persian. It is my sincere hope that this work serves as a valuable and authoritative reference for architects, engineers, and industry specialists engaged in the design and construction of high-rise concrete telecom towers.

Seyed Mohyeddin Seghatoleslam

پیشگفتار

در دنیای مدرن، وسایل ارتباط جمعی نقشی عظیم در مبادله افکار، ایده ها و نظرات آحاد جامعه دارند، که این خود باعث توسعه و پیشرفت فرهنگ و تمدن بشری میگردد. اثرات وسایل ارتباط جمعی، ممکن است جنبه های مختلفی را در بر داشته باشد، که میتوان به جنبه های سیاسی، اجتماعی، روانی و اقتصادی آن اشاره نمود. آنها ممکن است بر روی عقاید و تفکرات، سلیقه افراد جامعه، ارزش ها، یا حتی بر روی رفتار ظاهری افراد، تاثیری عمیق بگذارند. در میان این وسایل ارتباطی، تلویزیون، جذابیتی خاص، و نقشی بی بدیل در ایجاد ارتباط با مخاطبین خود را دارا میباشد، که تقریباً تمام گروه های سنی را در بر میگیرد.

تلویزیون را میتوان از منظر تأثیرات اجتماعی، امکانات آموزشی، تبلیغات فرهنگی یا تجاری، اثرات سلامتی، و همچنین اثرات روانشناختی آن، مورد بحث و ارزیابی قرار داد. در زمینه تأثیرات اجتماعی آن، در تحقیقاتی که اخیراً انجام شده، گفته شده است، که بطور مثال، افرادی که از انزوای اجتماعی رنج میبرند، میتوانند از تلویزیون، برای ایجاد رابطه‌ای مثبت با شخصیت‌های نمایش های تلویزیونی بهره ببرند، و از این راه تا حدی بر احساس تنهایی و محرومیت اجتماعی خود، غلبه نمایند. جی دریک[۱] و شیرا گابریل[۲] از دانشگاه بوفالو، و کرت هوگنبرگ[۳] از دانشگاه میامی، دریافتند که وقتی فردی قادر به مشارکت در تعامل با افراد واقعی نباشد، هنگام تماشای برنامه تلویزیونی مورد علاقه خود، کمتر احساس تنهایی میکند. آنها از این یافته به عنوان، فرضیه جایگزین اجتماعی، یاد میکنند. تلویزیون، با فراهم آوردن یک جایگزین موقتی، برای پذیرش و تعلق خاطر که از طریق روابط اجتماعی تجربه میشود، به تسکین احساس افسردگی و تنهایی، در صورت عدم دسترسی به روابط اجتماعی، کمک میکند. این مزیت، نتیجه مثبت تماشای تلویزیون، تلقی میشود، زیرا میتواند آسیب های روانی ناشی از انزوا در روابط اجتماعی را، خنثی کند.

بعد از این مقدمه کلی راجع به اهمیت وسایل ارتباط جمعی و بالاخص تلویزیون، اضافه مینماید که هم اینک با استفاده از پیشرفتهای تکنولوژی چند دهه اخیر، روز به روز بر حیطه عمل و کارآیی این سیستم ارتباطی و خبررسانی افزوده شده، و با بکارگیری ماهواره های مخابراتی، امکان پوشش جهانی برای فرستنده ها، بوجود آمده است. در این میان، نیاز به آنتن های فرستنده زمینی و احداث دکل ها و برج های فلزی و بتونی، برای نصب آنتن های فرستنده، جهت رساندن امواج به گیرنده های متعارف، ضروری میباشد.

---

[1] Jaye Derrick
[2] Shira Gabriel
[3] Kurt Hugenberg

از ابتدای فعالیت سازمان رادیو و تلویزیون (صدا و سیما) در کشور، استفاده از سازه های بلند برای نصب آنتن های فرستنده، مورد توجه بوده و هم اکنون اجرای دکل های فلزی و ارسال امواج به نقاطی که از نظر پوشش صدا و تصویر، با مشکل روبرو هستند، امری متداول میباشد. این دکل ها در نقاط مختلف کشور گسترده بوده، و اغلب در مرتفع ترین قلل کوههای کشور نصب شده اند. علاوه بر اجرای برج ها و دکل های فلزی در کشور، بعنوان نمونه، میتوان از احداث برج بتونی میلاد تهران، ششمین برج مرتفع بتونی مخابراتی جهان نام برد، که علاوه بر اهداف مخابراتی، خدمات یک مرکز فرهنگی توریستی را هم ارائه مینماید.

با توجه به نقش عظیم و سترگ این سازه های خارق العاده، ارائه تصویری روشن و واضح از وضعیت برج های بتونی مخابراتی در جهان، امری لازم و ضروری بنظر میرسد، که نگارنده سعی در انجام آن دارد.

هدف از انتشار این کتاب، ارائه این تصویر میباشد، تا به آرشیتکت ها و مهندسین طراح، امکان درک این سازه های عظیم و منحصر به فرد ساخته دست بشر مدرن، داده شود. و صد البته هدف مهمتر، ارائه معیارهای طراحی، به آرشیتکت ها، مهندسین سازه، مخابرات، ژئوتکنیک و دیگر متخصصین درگیر در این گونه پروژه ها، میباشد.

لازم به ذکر است که موضوع این کتاب، صرفاً بررسی برج های مخابراتی با طیف ارتفاعی ۲۰۰ متر و بیشتر را در بر میگیرد. تعداد برج های مخابراتی جهان با طیف ارتفاعی کمتر از ۲۰۰ متر، بسیار زیاد میباشد و بررسی آنها از حوصله این کتاب خارج میباشد، لذا اطلاعات مربوط به آنها، حذف گردیده است.

بدون شک همه میدانیم که طرح یک سازه بتونی مخابراتی، حاصل نهایی فرآیند پیچیده ای است، که عناصر آن بر هم تاثیر متقابل دارند، و عوامل متعددی در آن موثر است. طراحی برج های بتونی مخابراتی، حاصل کار یک تیم عظیم طراحی، مشاوره و ساخت میباشد. در کنار تیم های قوی طراحی باید به نقش عظیم شرکت های سازنده برج های بتونی اذعان نمود، که در فرآیند ساخت این سازه های توانمند، تأثیری غیر قابل انکار را دارا میباشند.

جالب است بدانیم که در مورد برج تلویزیونی تورنتوی کانادا، که با ارتفاع ۵۵۳/۳۳ متر، یکی از بلندترین برجهای دنیاست، یک تیم ۱۵۳۷ نفره به مدت ۴۰ ماه بدون وقفه کار نموده اند. به بیان دیگر، این بنای عظیم، نتیجه تلاش شبانه روزی آرشیتکت ها، مهندسین، کارگران، پیمانکاران و سایر افراد دست اندرکار، در مدت زمان ۴۰ ماه میباشد.

به جهت جلوگیری از اطاله کلام، اشاره ای هر چند کوتاه، به محتویات این کتاب میاندازیم. بطور خلاصه، میتوان گفت که کتاب حاضر، به هفت فصل تقسیم گردیده است، که به ترتیب زیر، بطور مختصر محتویات هر فصل، بیان میگردد:

فصل اول: تجهیزات فنی

در این فصل، در مورد سیر تکاملی تکنولوژی ارتباطات در ایران، ساختمان آنتن، پارامترهای آن، و همچنین اطلاعات فنی که در طرح برج های تلویزیونی باید لحاظ گردد، بحث شده است.

فصل دوم: سازه

این فصل، یکی از بخشهای مهم و مؤثر این کتاب را تشکیل میدهد. به ضرس قاطع میتوان گفت، که بعد سازه ای برج های مخابراتی، بعنوان مهمترین عامل، باید در ذهن آرشیتکت نقش ببندد، و تحقق کلیه ایده های معمارانه را منوط به جواب دادن سازه نماید. روش کار به این طریق است که به دلیل اینکه برج مورد نظر، جزئی از ساختمانهای بلند مرتبه است، و کلیه عوامل موثر سازه ای که در طرح ساختمانهای بلند، موثر است، در شکل دهی برج هم موثر خواهد بود، بنابراین نخست ساختمانهای بلند مرتبه، بطور خلاصه، مورد مطالعه قرار گرفته و عوامل موثر بر طرح آنها شرح داده شده، مقایسه کمی ۴۲ برج بتونی مخابراتی موجود بالای ۲۰۰ متر ارتفاع انجام گرفته، و در نهایت با معرفی سازه برج های معروف دنیا و دسته بندی آنها، کل مطالب تجزیه و تحلیل و جمع بندی گردیده است.

فصل سوم: تکنولوژی اجراء

که بطور مختصر و مفید، راجع به تکنیک های اجرایی، از جمله، راجع به قالب های لغزنده و جهنده بحث شده است.

فصل چهارم: معماری

مبحث معماری برج های مخابراتی، یکی دیگر از بخشهای مهم این کتاب را تشکیل میدهد، و راجع به اثرات بناهای بلند بر محیط اطراف آنها، توضیح داده شده است. اطلاعات عمومی و تصاویر مربوط به ۱۴۸ برج فلزی و بتونی مخابراتی، با ارتفاع ۲۰۰ متر و بیشتر، ردیف گردیده است، و با بررسی معماری برج های معروف دنیا و استنتاجات منطقی از آنها، همراه با معرفی فضاهای برنامه ریزی شده در برج های تلویزیونی، و ایده های معمارانه بکار رفته در آنها، تکمیل گردیده است. جزئیات معماری، پلان ها، و مقاطع طولی ۱۵ برج بتونی معروف دنیا هم به تفصیل بیان گردیده، و در نهایت فضاهای موجود در آنها، دسته بندی و معرفی گردیده است.

فصل پنجم: تاسیسات

در این فصل، بطور مختصر، راجع به تاسیسات گرمایی و سرمایی، سیستم آب و فاضلاب، آسانسورها و سیستم آتش نشانی و ایمنی در مواقع ا ضطراری، توضیح داده شده است.

فصل ششم: تعمیرات و نگهداری

که بطور واضح، راجع به نگهداری سازه های فولادی (سازه های آنتن، که معمولا در انتهای برج ها نصب میشود)، و تعمیر و نگاهداری آنتن ها و فیدرها، صحبت کرده است.

فصل هفتم: ضمائم، منابع و مآخذ

شامل فهرست منابع و مآخذ فارسی و انگلیسی، فهرست تصاویر و جداول بکار رفته در کتاب، لیست برج ها و دکل های مخابراتی موجود با ارتفاع ۳۵۰ متر و بیشتر در جهان، به اضافه جداول مقایسه ای سیستم های درون سازه ای و برون سازه ای میباشد.

امید است که این کتاب، اثری قابل استفاده برای دانشجویان و دانش پژوهان عزیز، بخصوص متخصصین معماری، سازه، و مخابرات باشد.

در خاتمه، لازم به ذکر است که علیرغم دقت فراوان در امر تهیه و تنظیم مطالب کتاب، از آنجا که کتاب حاضر، خالی از اشکال و ایراد نمیباشد، از خوانندگان گرامی استدعا میگردد که با راهنمایی و ارائه طریق، مؤلف را در جهت هر چه بیشتر پربار نمودن مطالب این کتاب، یاری نمایند.

سید محی الدین ثقت الاسلام

سال ۱۴۰۰ خورشیدی

فهرست مطالب

فصل اول : تجهیزات فنی

۱-۱- سیر تکاملی تکنولوژی ارتباطات در ایران..۱۵

۱-۲- ساختمان آنتن و انواع آن..۲۰

۱-۲-۱- تقسیم بندی آنتن ها از نظر نوع و مقدار فرکانس..۲۰

۱-۲-۱-۱- آنتن های فرکانس بالا – HF...۲۲

۱-۲-۱-۲- آنتن های VHF / UHF...۲۲

۱-۲-۱-۳- آنتن های SHF یا آنتن های مایکروویو..۲۳

۱-۲-۲- پارامترهای آنتن...۲۵

۱-۲-۲-۱- توان تشعشع موثر...۲۵

۱-۲-۲-۲- بهره آنتن...۲۶

۱-۲-۲-۳- نصب المانهای تشعشعی..۲۹

۱-۲-۳- وابستگی متقابل طراحی آنتن ها و نگاهدارنده های آنها.................................۳۳

۱-۲-۳-۱- آنتن های با آرایش خطی و آنتن های دکل فوقانی.......................................۳۳

۱-۲-۳-۲- پایداری سازه نگاهدارنده آنتن...۳۷

۱-۲-۴- فیدرها...۳۸

۱-۲-۴-۱- فیدرهای ابتدایی..۳۸

۱-۲-۴-۲- فیدرهای مدرن..۳۹

فصل دوم : سازه

۲-۱- مقدمه...۴۱

۲-۲- اثر بار بر روی سازه های بلند...۴۳

۲-۲-۱- بارهای مرده...۴۵

۲-۲-۲- بارهای زنده...۴۶

۲-۲-۳- بارهای محیطی..۴۷

۲-۲-۳-۱- بارهای برف، باران و یخ...۴۷

۲-۲-۳-۲- بارهای باد...۴۹

۲-۲-۳-۳- بارهای زلزله..۶۱

۲-۲-۴- بارهای خاص...۶۷

۲-۲-۴-۱- بارهای ناشی از انفجار..۶۷

۲-۲-۴-۲- بارهای ناشی از ارتعاش...۶۸

۲-۲-۴-۳- بارهای اجرائی...۷۲

۲-۲-۴-۴- بارهای فشار خاک و آب..۷۲

۲-۲-۴-۵- بارهای ناشی از نشست..۷۳

۲-۲-۴-۶- بارهای ناشی از تغییر حجم مصالح..۷۵

۲-۲-۵- ترکیب بارها...۷۶

۲-۳- سازه های متداول برای ساختمانهای بلند..۷۷

۲-۳-۱- مصالح سازه ای..۷۷

۲-۳-۲- دسته بندی سیستم های سازه ای بلند مرتبه...۸۰

۲-۳-۳- تحلیل مختصر سیستم های سازه ای، با توجه به رفتار آنها..............................۸۴

۲-۳-۳-۱- سازه قاب صلب...۸۵

۲-۳-۳-۲- سازه قاب مهاربندی شده...۸۵

۲-۳-۳-۳- سازه قاب با دیوار برشی..۸۷

۲-۳-۳-۴- سازه طره ای...۸۸

۲-۳-۳-۵- سازه لوله ای قابی..۹۰

۲-۳-۳-۶- سازه لوله ای دسته شده..۹۱

۲-۳-۳-۷- سازه لوله ای مهاربندی شده...۹۲

۲-۳-۳-۸- سازه لوله در لوله...۹۳

۲-۴- ملاحظات کلی در برنامه ریزی...۹۵

۲-۴-۱- ملاحظات کلی اقتصادی..۹۵

۲-۴-۲- شرایط خاک...۹۶

۲-۴-۳- نسبت ارتفاع به عرض ساختمان..۹۶

۲-۴-۴- ملاحظات مربوط به ساختن قطعات و برپا کردن ساختمان.................................۹۶

۲-۴-۵- ملاحظات دستگاه های مکانیکی..۹۷

۲-۴-۶- ملاحظات حفاظت در مقابل آتش سوزی...۹۷

۲-۴-۷- موجود بودن و هزینه مصالح ساختمانی..۹۸

۲-۵- مقدمه ای برسازه برج ها و دکل های مخابراتی...۹۹

۲-۵-۱- تقسیمات کلی..۹۹
۲-۵-۱-۱- برج های بتونی...۱۰۳
۲-۵-۱-۲- برج های مشبک فلزی خودایستا..۱۰۵
۲-۵-۱-۳- دکل های مشبک فلزی مهاری..۱۰۶
۲-۵-۱-۴- دکل های لوله ای فلزی مهاری...۱۰۹
۲-۵-۲- مقایسه انواع مختلف از نظر سیستم سازه ای.....................................۱۱۱
۲-۵-۳- تاثیر عوامل اقلیمی در طراحی سازه ای...۱۱۲
۲-۵-۳-۱- محاسبه فشار باد..۱۱۲
۲-۵-۳-۲- محاسبه بار ترکیبی ناشی از یخ و باد..۱۱۶
۲-۵-۳-۳- ثبات باد...۱۱۷
۲-۶- سازه برج های بتونی مخابراتی موجود دنیا..۱۱۹
۲-۶-۱- فونداسیون...۱۲۱
۲-۶-۲- پایه شافت..۱۲۴
۲-۶-۳- شافت..۱۲۶
۲-۶-۴- قبه..۱۳۲
۲-۶-۵- آنتن...۱۳۷
۲-۶-۵-۱- سازه های مخصوص نصب آنتن های فرستنده.................................۱۳۷
۲-۶-۵-۲- سازه های ویژه نصب آنتن های ارسال سیگنال..................................۱۳۷
۲-۷- معرفی اجمالی برج های بتونی مخابراتی موجود دنیا..........................۱۳۹
۲-۷-۱- مقدمه..۱۳۹
۲-۷-۲- مقایسه کمی ۴۲ برج بتونی مخابراتی موجود.......................................۱۴۲
۲-۷-۲-۱- جداول مرکب...۱۴۶
- برج توکیو اسکای تری - توکیو – ژاپن..................................۱۴۷
- برج کانتون - گوانگژو – چین...۱۴۸
- برج ملی کانادا - تورنتو – کانادا...۱۴۹
- برج استانکینو - مسکو – روسیه..۱۵۰
- برج اورینتال پرل (مروارید خاور) - شانگهای – چین...............۱۵۱
- برج میلاد - تهران – ایران..۱۵۲
- برج کوالالامپور - کوالالامپور – مالزی..................................۱۵۳
- برج پکن - پکن – چین..۱۵۴

- برج برلین - برلین – آلمان..۱۵۵
- برج استراتوسفر - لاس وگاس – امریکا..۱۵۶
- برج وست پرل (مروارید باختر) - چنگدو – چین........................۱۵۷
- برج اروپا - فرانکفورت – آلمان...۱۵۸
- برج املی مور - هادرزفیلد – بریتانیا...۱۵۹
- برج اسکای - اوکلند – نیوزیلند...۱۶۰
- برج ویلنیوس - ویلنیوس – لیتوانی..۱۶۱
- برج نانجینگ – نانجینگ – چین...۱۶۲
- برج تله تورن - تالین – استونی..۱۶۳
- برج سنت پیترز لو - سنت پیترز لو – بلژیک...............................۱۶۴
- برج نورمبرگ - نورمبرگ – آلمان...۱۶۵
- برج المپیک مونیخ - مونیخ – آلمان...۱۶۶
- برج تله مکس - هانوفر – آلمان...۱۶۷
- برج هنریش هرتس - هامبورگ – آلمان..۱۶۸
- برج هیل بورو - ژوهانسبورگ - افریقای جنوبی.............................۱۶۹
- برج دانوب - وین – اتریش...۱۷۰
- برج سوئیس کام - بازل – سوئیس...۱۷۱
- برج راین - دوسلدورف – آلمان...۱۷۲
- برج برمن - برمن – آلمان..۱۷۳
- برج پایتمپورا - دهلی نو – هندوستان..۱۷۴
- برج اسپانیا - مادرید – اسپانیا..۱۷۵
- برج کیل - کیل – آلمان..۱۷۶
- برج فردریک کلمنس جرک - کوکسهافن – آلمان...........................۱۷۷
- برج مونستر - مونستر – آلمان...۱۷۸
- برج قاره آمریکا - سن آنتونیو – آمریکا...۱۷۹
- برج گیشان - ووهان – چین..۱۸۰
- برج اشتوتگارت - اشتوتگارت – آلمان...۱۸۱
- برج ژیژکوف - پراگ - جمهوری چک..۱۸۲
- برج مانهایم - مانهایم – آلمان...۱۸۳
- برج شیفربرگ - برلین – آلمان...۱۸۴

- برج دورتموند - دورتموند – آلمان..۱۸۵
- برج هرنیس گرینده - زسباخ والدن – آلمان.............................۱۸۶
- برج دونرزبرگ - دونرزبرگ – آلمان.......................................۱۸۷
- برج اوالا - بلگراد – صربستان...۱۸۸

۲-۷-۳- جمع بندی و تجزیه و تحلیل...۱۸۹

۲-۷-۳-۱- کلیات...۱۸۹
۲-۷-۳-۲- عناصر پنجگانه...۱۹۱
۲-۷-۳-۳- رابطه بین مدت ساخت برج و ارتفاع آن...........................۱۹۷
۲-۷-۳-۴- مقایسه نسبی هزینه ساخت برج های بتونی مخابراتی.........۲۰۴

فصل سوم : تکنولوژی اجرا

۳-۱- مقدمه...۲۰۹
۳-۲- قالب های لغزنده...۲۱۰
۳-۲-۱- انواع جک ها...۲۱۸
۳-۳- قالب های جهنده..۲۲۰
۳-۴- نکاتی در مورد اجرای ساختمان های بالایی برج...................۲۲۳

فصل چهارم : معمــــــــاری

۴-۱- سمبلیزم در معماری..۲۲۵
۴-۲- اثرات بناهای بلند در محیط اطراف آنها...............................۲۲۵
۴-۳- معماری برج های مخابراتی...۲۲۸
۴-۳-۱- کلیات..۲۲۸
۴-۳-۲- برج های بتونی و فلزی مخابراتی......................................۲۲۹
۴-۳-۲-۱- مقایسه برج های مخابراتی...۲۳۸
۴-۳-۳- آشنایی با معماری ۱۵ برج مخابراتی جهان..........................۲۵۵
۴-۳-۳-۱- مقدمه...۲۵۵
۴-۳-۳-۲- برج کانتون...۲۵۸
۴-۳-۳-۳- برج ملی کانادا..۲۷۳
۴-۳-۳-۴- برج مسکو..۲۸۵

۴-۳-۳-۵- برج تلویزیونی برلین.......... ۲۹۴
۴-۳-۳-۶- برج اروپا.......... ۳۰۳
۴-۳-۳-۷- برج مخابراتی المپیک.......... ۳۱۰
۴-۳-۳-۸- برج دانوب.......... ۳۱۹
۴-۳-۳-۹- برج سوئیس کام.......... ۳۲۹
۴-۳-۳-۱۰- برج راین.......... ۳۳۹
۴-۳-۳-۱۱- برج برمن.......... ۳۴۷
۴-۳-۳-۱۲- برج مخابراتی اسپانیا.......... ۳۵۵
۴-۳-۳-۱۳- برج تلویزیونی گیشان.......... ۳۶۱
۴-۳-۳-۱۴- برج بتونی اشتوتگارت آلمان.......... ۳۶۷
۴-۳-۳-۱۵- برج بتونی دورتموند.......... ۳۷۷
۴-۳-۳-۱۶- برج بتونی اوالا.......... ۳۸۳
۴-۳-۴- معرفی فضاهای موجود در برج ها.......... ۳۹۵
۴-۳-۴-۱- مقدمه.......... ۳۹۵
۴-۳-۴-۲- فضاهای فنی و مخابراتی.......... ۳۹۶
۴-۳-۴-۳- فضاهای فرهنگی.......... ۳۹۸
۴-۳-۴-۴- فضاهای توریستی.......... ۳۹۸
۴-۳-۴-۵- فضاهای خدماتی و پشتیبانی.......... ۴۰۶

فصل پنجم : تأسیسات

۵-۱- مقدمه.......... ۴۱۵
۵-۲- تأسیسات گرمایی و سرمایی و سیستم تهویه مطبوع.......... ۴۱۶
۵-۳- آبرسانی و سیستم فاضلاب.......... ۴۲۳
۵-۴- تامین انرژی.......... ۴۲۴
۵-۵- سیستم آتش نشانی و ایمنی در مواقع ا ضطراری.......... ۴۲۴
۵-۶-آسانسورها.......... ۴۲۶
۵-۷- سیستم محافظت در برابر برق آسمان.......... ۴۲۸

فصل ششم : تعمیرات و نگهداری

۶-۱- مقدمه.......... ۴۳۱

۶-۲- مسائل نگهداری سازه های فولادی..۴۳۱
۶-۳- حفاظت آنتن...۴۳۵
۶-۴- تعمیر و نگهداری آنتن..۴۳۶

فصل هفتم : ضمائم، منابع و مآخذ

۷-۱- منابع و مآخذ انگلیسی..۴۳۹
۷-۲- منابع و مآخذ فارسی...۴۴۳
۷-۳- ضمیمه ۱- لیست برج ها و دکل های مخابراتی موجود با ارتفاع ۳۵۰ متر ۴۴۴
۷-۴- ضمیمه ۲- فهرست تصاویر و جداول مورد استفاده...۴۶۴
۷-۴-۱- فهرست تصاویر...۴۶۴
۷-۴-۲- فهرست جداول...۴۷۷
۷-۵- ضمیمه ۳- جداول مقایسه ای سیستم های درون سازه ای و برون سازه ای....۴۷۸

فصل اول

تجهیزات فنی

۱-۱- سیر تکاملی تکنولوژی ارتباطات در ایران

مسئله برقراری ارتباط با دیگران همواره ذهن بشر را به خود مشغول داشته است. سعی انسان از آغاز بر این بوده است که، وسیله ای برای انتقال سریع پیام خود پیدا کند. این انگیزه باعث گردیده که دنیای ارتباطات، فراز و نشیب های فراوانی را طی کند و در هر دوره از تاریخ، وسیله و ابزار خاصی در این زمینه اختراع و مورد استفاده قرار گیرد. عصر حاضر، عصر ارتباطات ماهواره و اینترنت است، و این تکنولوژی های پیچیده و پیشرفته، دوران مختلفی را پشت سر نهاده است، که در این نوشتار، نگاه مختصری به سیر تکاملی آنها در کشور ایران، خواهیم داشت.

شاید بتوان گفت که، ایران قدیم نخستین پایه های ارسال خبر، در دنیای گذشته را بنا نهاد. خبرهای فوری، بوسیله ایجاد دود در روز، و افروختن آتش در شب بر روی تپه های بلند، به سرزمین پهناور ایران مخابره میشد. چابک سواران با استفاده از اسب های آماده در راههای دراز و بدون وقفه، و در کوتاهترین زمان ممکن، پیام های دولتی را از شهری به شهر دیگر، میرساندند.

در واقع در ایران باستان، چاپارخانه ها مشهورترین و حساس ترین تشکیلات اداری هخامنشیان بود، که گروه چابک سواران آن، با اسب های تندرو و طی مسافت های طولانی، ارتباط دایمی بین مرکز و ایالات را برقرار میکردند، و در کوتاهترین زمان اخبار و گزارش های واصله از گوشه و کنار ممالک را به مرکز، و از مرکز به دور ترین نقاط کشور میبردند.

داریوش هخامنشی، برای اداره بهتر کشور و سهولت در امر نظارت بر قلمرو وسیع و پهناور ایران، نظام ارتباطی را سامان بخشید. به دستور وی برای آگاهی و اطلاع از جدیدترین رخدادها در سراسر قلمرو خود، جاده هایی ساخته شد که مهمترین آنها به "راه شاهی" معروف بود، که ۲۴۰۰ کیلومتر مسافت داشت. به فاصله هر ۲۴ کیلومتر، چاپارخانه ای ساختند، که در این چاپارخانه ها، همیشه اسب های تازه نفس آماده بودند. پیک های دولتی با رسیدن به این چاپارخانه ها، اسب

های خود را عوض میکردند و با اسبی تازه نفس با سرعت به راه خود ادامه میدادند. انتقال پیام از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر به همین صورت ادامه مییافت، تا به مقصد میرسید.

قرن ها بعد تلگراف برقی ساخته شد. در سال ۱۲۴۸ خورشیدی خط تلگرافی هند و اروپا، بطول ۶۹۰۰ کیلومتر بین لندن و هندوستان کشیده شد، که از قسمتی از نواحی غربی و جنوبی ایران میگذشت. چند سال بعد (سال ۱۲۵۵ خورشیدی) تلفن اختراعی بل، که خیلی ساده بود، ساخته شد، و بعدها تلفن، باسرعت زیاد در تمام دنیا رایج گردید.

در سال ۱۲۷۰ خورشیدی اولین خط تلگرافی مورس بین تهران و کاخ سلطانیه برقرار شد. در اوایل قرن چهاردهم خورشیدی، نصب دستگاه های بی سیم در تهران در اراضی قصر، آغاز گردید. در سال ۱۳۰۳ خورشیدی بود که نخستین دکل ۱۲۰ متری فرستنده بیسیم، برپا شد. پس از گشایش بیسیم، ایران از طریق مرکز مخابرات میدان امام خمینی (سپه سابق) بتدریج با بسیاری از کشورهای جهان، ارتباط تلگرافی برقرار ساخت.

در سال ۱۳۰۲ شمسی قراردادی برای احداث خطوط تلفنی زیرزمینی با شرکت زیمنس و هالسکه[1] منعقد شد، و سه سال بعد در آبان ماه ۱۳۰۵ شمسی، تلفن خودکار جدید بر روی ۲۳۰۰ رشته کابل، در مرکز اکباتان آماده بهره‌برداری شد. در سال ۱۳۱۳ تمامی شرکتهای تلفن موجود در سطح کشور در هم ادغام شدند، و شرکتی واحد، به نام شرکت سهامی تلفن ایران، زیر نظر وزارت پست و تلگراف و تلفن، بوجود آمد. با توجه به اضافه شدن فناوری اطلاعات به این حوزه، در سال ۱۳۸۳ "وزارت پست و تلگراف و تلفن" با تصویب مجلس به "وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات" تغییر نام یافت.

بعد از تلگراف و تلفن، در چهارم اردیبهشت ۱۳۱۹ اولین فرستنده عمومی رادیو در ایران، آغاز بکار کرد. از فردای آن روز، برنامه‌های عادی رادیو آغاز شد، و چون برنامه‌ها تنها در تهران قابل دریافت بود، "رادیو تهران" نامیده می‌شد. در بدو تأسیس، رادیو تهران که دارای یک فرستنده دو کیلوواتی، بر روی موج متوسط بود، برای پخش برنامه‌های خود از یک استودیو در محل اداره بی‌سیم استفاده می‌کرد. در سال ۱۳۲۷ یک فرستنده دیگر در اختیار رادیو قرار گرفت، و یک استودیوی کوچک در میدان ارگ برای پخش اخبار ساخته شد. در سال ۱۳۳۶ نام "رادیو تهران" به "رادیو ایران" تبدیل و بعدها در جنب رادیو ایران، فرستنده دومی بنام رادیو تهران نیز مشغول به کار گردید، که در آغاز امر، تنها موسیقی از آن پخش می‌شد.

در سال های بعد بتدریج به قدرت و تعداد فرستنده های پخش صدا اضافه شد، و دستگاههای تلفنی و تلگرافی جدیدی نیز در مرکز بیسیم، نصب گردید.

---

[1] زیمنس و هالسکه (به آلمانی Siemens & Halske AG) یک شرکت آلمانی فعال در حوزه مهندسی برق بود که بعدها جزئی از شرکت زیمنس گردید. این شرکت در برلین در سال ۱۸۴۷ پایه‌گذاری شد و در سال ۱۸۴۸ یکی از اولین خطوط تلگرافی در اروپا را بین برلین و فرانکفورت ساخت.

چون مرکز بیسیم بتدریج در محدوده شهری قرار گرفت، وزارت پست و تلگراف و تلفن مرکز فرستنده ای را در کمال آباد کرج، مورد بهره برداری قرار داد. این مرکز کار خود را با دو فرستنده تلفنی، شش فرستنده تلگرافی و چهار فرستنده یکصد کیلوواتی پخش صدا، آغاز کرد.

سالها بعد، نخستین فرستنده تلویزیون ایران، در ساعت ۵ بعد از ظهر جمعه ۱۱ مهر ماه سال ۱۳۳۷، نخستین برنامه خود را پخش کرد. امکانات فنی تلویزیون در آن زمان، به یک استودیو، سه دوربین و دو دستگاه ضبط مغناطیسی محدود می‌شد، و از آن‌جا که فرستنده تلویزیون ایران با سیستم ۵۲۵ خطی آمریکایی کار می‌کرد، و سیستم تلویزیون ملی ۶۲۵ خطی اروپایی بود، تلویزیون ملی با نصب یک فرستنده دو کیلوواتی، با سیستم ۵۲۵ خطی بر بالای ساختمان هتل هیلتون، امکان استفاده از این شبکه را برای همه دارندگان تلویزیون با سیستم‌های مختلف امکان‌پذیر کرد.

در ۱۷ مرداد سال ۱۳۴۷، نخستین مرکز شهرستانی تلویزیون ملی، در ارومیه گشایش یافت، و چندی بعد مرکز تلویزیونی بندرعباس به کار افتاد، و مراکز تلویزیونی به تدریج یکی بعد از دیگری، در شهرهای مختلف شروع به فعالیت کردند. وظایف مراکز و شبکه‌های رادیو و تلویزیون بر سه اصل اطلاعاتی و خبری، آموزش و فرهنگی، و تفریحی و سرگرمی مبتنی بود.

مبادلات فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی ایران با کشورهای دیگر ایجاب میکرد که توسعه قابل ملاحظه ای در تمام سطوح مخابراتی، از جمله تلگراف خارجی، انجام گیرد.

با توجه به اهمیت کار تلکس در امور اقتصادی و بازرگانی، ایران از جمله اولین کشورهای آسیایی بود، که از این وسیله ارتباطی استفاده کرد. ارتباط تلکس با نقاط مختلف جهان، ابتدا به کمک فرستنده های پرقدرت تلگرافی و با دخالت اپراتورهای دو طرف انجام میشد. ولی ایران، پس از به خدمت گرفتن ماهواره های مخابراتی، تلکس را بصورت نیمه خودکار درآورد، و با پیشرفت سریع تکنولوژی، سیستم الکترونیکی تمام خودکار تلکس، با دستگاههای کامپیوتر در ایران مورد بهره برداری قرار گرفت. بدین ترتیب علاوه بر آنکه چندین هزار شماره تلکس در نقاط مختلف کشور، نصب گردید، کانالهای تلگرافی بین المللی که به منظور استفاده در زمینه تلکس از آن استفاده میشد، نیز به تعداد قابل توجهی افزایش یافت.

رشد سریع اقتصادی و دگرگونی وضع اجتماعی کشور ایجاب میکرد که در توسعه مخابرات نیز جهشی عظیم صورت گیرد، و ایران همگام با بسیاری از کشورهای جهان به تازه ترین تکنیکهای ارتباطی دست یابد. شبکه های پرظرفیت مایکروویو برای این منظور برگزیده شد، که زیربنای مخابراتی ایران را تشکیل میداد و در تمامی سطح کشور گسترده گردید.

در میان آنچه انسان از آغاز تاکنون، برروی کره زمین بوجود آورده است، معجزه مخابرات از همه حیرت انگیزتر و انسانی تر است. معجزه ای که فاصله های زمان و مکان را از میان برداشته و با اتصال نقاط مختلف جهان به یکدیگر انسانها را از حال یکدیگر با خبر گردانیده است. مخابرات علاوه

بر نقشی که در توجیه فرهنگ، اقتصاد و سیاست ملل با یکدیگر دارد، بزرگترین عامل پیوند دل ها و انتقال دهنده عواطف بشری است، و معیاری نمیتوان پیدا کرد تا بدان وسیله میزان اهمیت و اثر این پدیده را در زندگی انسانها سنجید.

میتوان گفت عصر مخابرات فضایی در خلال روزهای دهم و یازدهم ژوئیه سال ۱۹۶۲ میلادی (زمانیکه از طریق ماهواره های مخابراتی بر فراز اقیانوس اطلس تصاویر تلویزیونی مشاهده گردید)، آغاز میشود، که در واقع اولین اقدام جهت ارسال پیام و تصویر از طریق ماهواره در سطح جهانی بود. قبل از ژوئیه سال ۱۹۶۲ میلادی چندین ماهواره به فضا فرستاده شده بود، که هر کدام ماموریتهای مختلفی داشتند، و بعضی موفق بودند، و بعضی ناموفق و بعد از مدتی از بین رفتند. از آن زمان تاکنون مخابرات فضایی بطور گسترده ای در سرتاسر دنیا توسعه یافته، بطوریکه امروزه تقریبا تمام کشورهای جهان به نحوی از این تکنولوژی بهره میگیرند.

پیشرفت و تکامل جوامع انسانی و افزایش نیازهای ارتباطی، بشر را روز به روز بیشتر به سمت توسعه روشهای نوین ارتباطی و استفاده از فناوری های فضایی سوق میدهد.

شبکه های ماهواره ای، امکانات و مزایای بسیاری همچون تنوع سرویس، انعطاف پذیری، سرعت عمل بالا و پوشش دهی وسیع را فراهم میکنند، که سایر روش های مخابراتی من جمله فیبر، کابل و یا مایکروویو زمینی قادر به ارائه آنها نیستند. از آنجا که ناحیه گسترده ای از زمین توسط ماهواره ها قابل رویت و دسترسی هستند، ماهواره ها میتوانند نقطه آغازین ارتباطات استفاده کنندگانی باشند، که از نظر جغرافیایی بسیار دور از هم به سر میبرند.

رشد صنعت تجاری خدمات ماهواره‌ای و ارتباط آن با رشد اقتصادی، سبب شده است تا کشور ما نیز گام‌های خود را در استفاده از فناوری ماهواره بردارد. با توجه به آن که ایران کشوری است که مناطق وسیعی از آن کوهستانی بوده و در مناطق کویری نیز فاصله روستاها بسیار زیاد است، راه اندازی و برقراری سرویس های ماهواره ای در ایران، بسیار مقرون به صرفه است.

سابقه استفاده از فنآوری ماهواره در کشور ما، به سال ۱۳۴۸ برمیگردد. در این سال، با تأسیس اولین ایستگاه زمینی ماهواره‌ای در اسدآباد همدان، و نصب آنتن ۳۰ متری استاندارد، جهت ارتباط با ماهواره های سازمان بین المللی مخابرات ماهواره‌ای ITSO[1] ، ایران در رده کشورهای پیشرو، جهت استفاده از فناوری ماهواره قرار گرفت. در حوزه مخابرات سیار ماهواره‌ای، ایران یکی از سهامداران اپراتور ماهواره‌ای اینمارست[2]بوده، و ایستگاه زمینی بومهن، جهت ارتباط با ماهواره های مخابراتی این اپراتور تا سال ۲۰۰۸ میلادی فعال بوده است. در حال حاضر "سازمان فضایی ایران" به عنوان نقطه تماس فعال سازی خدمات ماهواره اینمارست، در کشور فعالیت میکند.

[1] International Telecommunications Satellite Organization
[2] Inmarsat

و در نهایت بزرگترین وسیله ارتباطی که تاکنون به دست انسان، طرّاحی، مهندسی و اجرا گردیده است، اینترنت میباشد. ریشه این شبکه عظیم جهانی به دهه ۱۹۶۰ باز میگردد، که دولت ایالات متّحده آمریکا بر روی پروژه تحقیقاتی ساخت شبکه‌ای پرقدرت، جهت ارتباطات کامپیوتری، سرمایه گذاری نمود. این پروژه تحقیقاتی بطور همزمان در کشورهای بریتانیا و فرانسه هم دنبال گردید. توافق بر سر اینکه اینترنت از چه زمانی به صورت یک شبکه همگانی و جهان‌شمول در آمد، بسیار مشکل است، اما میتوان از اوایل تا اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی را، دوران بسیار مهمی در این صنعت برشمرد، که گام های بسیار جدی در راه پیشرفت و پیشبرد این اختراع برداشته شده است. وابسته شدن تمامی فعّالیت‌های بشر به اینترنت در مقیاسی بسیار عظیم و در زمانی چنین کوتاه، حکایت از آغاز یک دوران تاریخیِ نوین در عرصه‌های گوناگون علوم، فناوری، و به خصوص در نحوه تفکّر انسان دارد. شواهد زیادی در دست است، که از آنچه اینترنت برای بشر خواهد ساخت و خواهد کرد، تنها مقدار بسیار اندکی به واقعیت درآمده است.

اینترنت، سامانه‌ای جهانی از شبکه‌های رایانه‌ای بهم پیوسته[1]است، که از پروتکل اینترنت برای ارتباط با یکدیگر استفاده می‌نماید. به عبارت دیگر اینترنت، شبکه شبکه هاست، که از میلیون‌ها شبکه خصوصی، عمومی، دانشگاهی، تجاری و دولتی در اندازه‌های محلی و کوچک، تا جهانی و بسیار بزرگ تشکیل شده است، که با آرایه وسیعی از فناوریهای الکترونیکی و نوری به هم متصل گشته‌اند. اینترنت در برگیرنده منابع اطلاعاتی و خدماتی گسترده ایست، که برجسته‌ترین آنها وب جهان گستر[2]می‌باشد. سازمان‌ها، مراکز علمی و تحقیقاتی و موسسات متعدد، نیازمند دستیابی به شبکه اینترنت برای ایجاد وبسایت، انجام تحقیقات و یا استفاده از امکانات دیگر این سیستم، می‌باشند. بسیاری از رسانه‌های ارتباطی سنتی، مانند تلفن و تلویزیون نیز با استفاده از اینترنت، تغییر شکل داده‌اند و یا مجدداً تعریف شده اند، و همچنین خدماتی جدید همچون صدا و تصویر روی پروتکل اینترنت ظهور کرده است. انتشار روزنامه و کتب علمی و مجلات با استفاده از این تکنولوژی راحت تر و سریعتر گردیده، و تغییر شکل از وضعیت سنتی خود داده اند. همچنین اینترنت اشکال جدیدی از تعامل بین انسانها را از طریق پیام‌رسانی فوری، تالار گفتگو و شبکه‌های اجتماعی بوجود آورده است.

در سال ۱۳۷۱، تنها تعداد کمی از دانشگاه های ایران توانستند به اینترنت مجهز شوند؛ از جمله این دانشگاه ها، میتوان دانشگاه صنعتی شریف و دانشگاه گیلان را نام برد، که توسط مرکز تحقیقات فیزیک نظری و از طریق پروتکل UUCP[3] به اینترنت وصل شدند. در سال۱۳۷۲، ایران رسماً به شبکه جهانی اینترنت پیوست. اولین رایانه ای که در ایران بصورت رسمی، به اینترنت متصل شد،

---

[1] Interconnected computer networks
[2] World Wide Web (WWW)
[3] Unix to Unix Copy Protocol

رایانه مرکز تحقیقات فیزیک نظری بود، که از طریق دانشگاه وین به اینترنت متصل شد، و هم اکنون نیز این مرکز یکی از مرکزهای اصلی خدمات اینترنت در ایران است.
اهمیت عظیم و شگرف این وسیله ارتباطی بر کسی پوشیده نمیباشد، اما به دلیل اینکه موضوع اینترنت، مستقیما با مباحث مطروحه در این کتاب مرتبط نمیباشد، به همین توضیح مختصر، بسنده میگردد.
با توجه به اهمیت آنتن در تکنولوژی ارتباطات مدرن، در ادامه بصورت اختصار، به بحث در باره ساختمان آنتن و نقش آن در ارتباطات رادیویی[1] پرداخته میشود.

۱-۲- ساختمان آنتن و انواع آن

به طور کلی آنتن از یک سیم مستقیم تشکیل شده است، که اگر در فرستنده به کار رود، امواج فرستنده را به امواج الکترومغناطیس تبدیل نموده و پخش مینماید، و اگر در گیرنده به کار رود، امواج الکترومغناطیسی موجود در فضا را دریافت نموده و تبدیل به امواج الکتریکی نموده و جهت آشکار شدن، به مدار گیرنده میدهد.
معمولا در گیرنده‌ها، هر آنتن به ازاء یک فرکانس مشخصی، به تشدید درآمده و به ازاء آن فرکانس، ولتاژ ماگزیمم مشخصی تولید مینماید. هرگاه طول آنتن متناسب با طول موج دریافتی باشد، موج کاملا در آنتن قرار میگیرد، و اصطلاحا میگویند، آنتن رزونانس شده و یا به تشدید در آمده است، یعنی آنتن با موج رسیده هماهنگ شده است و در این حالت ولتاژی که به آنتن رسیده، حداکثر است.
البته نیازی نیست که همیشه طول آنتن حتماً با طول موج رسیده کاملا برابر باشد، زیرا جهت رفع این مشکل، سیم پیچی را به همراه یک یا دو خازن متغیر به آنتن اضافه میکنند، تا حالت تشدید را در آنتن بوجود آورند.

۱-۲-۱- تقسیم بندی آنتن ها از نظر نوع و مقدار فرکانس

تفاوت اصلی بین آنتن هایی که در فرکانس های مختلف کار میکنند، در اندازه و شکل آنهاست. بجز مقدار فرکانس، بهره آنتن، قابلیت تحرک آنتن و پرتو تشعشعی مورد نیاز، همه در شکل فیزیکی آنتن، اثر تعیین کننده دارند.

[1] جهت اطلاع بیشتر، به کتب تخصصی مربوطه و یا به کتاب همین نویسنده (۱۳۹۶). *سازه برج‌ها و دکل‌های مخابراتی*. چاپ دوم. تهران، نوآور. فصول اول، دوم، پنجم و ششم. مراجعه گردد.

یادآوری میشود که موج فرستنده در میدان الکترومغناطیسی نوسان میکند، و موج توسط آنتن گیرنده دریافت میشود. تعداد نوسان موج در یک ثانیه را فرکانس گویند. هر چه فرکانس بیشتر شود، طبق رابطه زیر طول موج کمتر است:

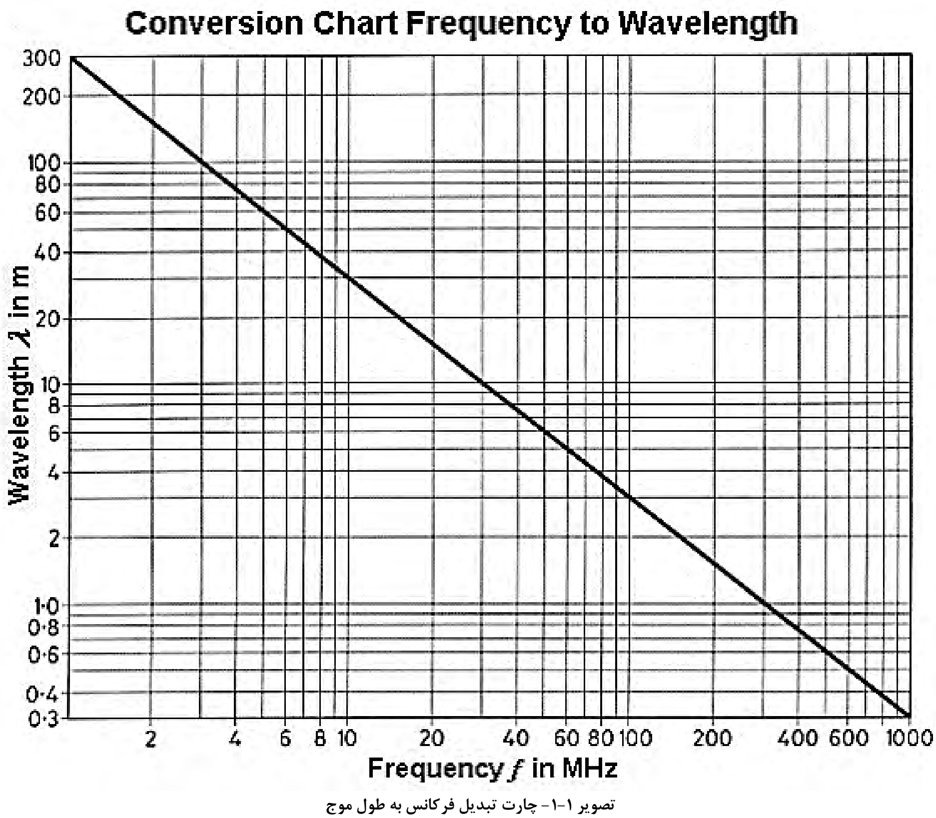
$C = f \times \lambda$

C = سرعت امواج الکترومغناطیس است که برابر با ۳۰۰ × ۱۰^۸ سانتیمتر بر ثانیه است.

f = فرکانس موج فرستنده بر حسب هرتز

λ = طول موج برحسب سانتیمتر

بنابراین در رابطه بالا چون C مقدار ثابتی است، فرکانس با طول موج نسبت عکس پیدا میکند. هر چه طول موج کوتاهتر باشد، فرکانس بالاتر است، و برعکس هر چه فرکانس پایین تر باشد، طول موج بلندتر است. در تصویر شماره ۱-۱ چارت تبدیل فرکانس به طول موج، نشان داده شده است.



تصویر ۱-۱- چارت تبدیل فرکانس به طول موج

طول آنتن ها بستگی به طول موج، و طول موج هم بستگی به فرکانس دارد. بنابراین برحسب فرکانس مورد نیاز طول موج را بدست آورده و با استفاده از طول موج، اندازه آنتن مشخص میشود.

برای فهم بهتر موضوع، نمونه هایی از آنتن مورد استفاده در فرکانس های مختلف، در زیر مورد بررسی قرار میگیرد.

۱-۲-۱-۱- آنتن های فرکانس بالا -HF[1]

باند HF از ۳ مگاهرتز تا ۳۰ مگاهرتز را میپوشاند، و مقدار λ/2 (طول آنتن) برای این فرکانس ها، از ۵ متر تا ۵۰ متر است. این آنتن ها، از نوع آنتن های دوقطبی λ/2 (نیم موج) و آنتن یک قطبی میباشند. آنتن HF معمولا بین دو پایه بطور افقی محکم کشیده میشود، و پایه ها خود، بوسیله سیم های حایل فلزی محکم شده اند. البته خود آنتن نسبت به پایه ها، عایق بندی شده است.
آنتن یک قطبی HF معمولا بطور قائم وصل میشود. نظر به اینکه این آنتن شبیه به شلاق است، آنرا آنتن شلاقی نیز میخوانند. طول این آنتن، بستگی به فرکانس دارد. مزیت اصلی این نوع آنتن قائم، یکنواخت بودن تشعشع آن در تمام جهات یک صفحه افقی است. به همین دلیل از این نوع آنتن HF برای سیستم ارتباطات رادیوئی با پوشش وسیع، استفاده میشود.

۱-۲-۱-۲- آنتن های VHF / UHF[2]

این نوع آنتن ها نیز از نوع آنتن های فرکانس بالاست، که باند فرکانسی آنها از ۳۰ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز را میپوشاند. طول λ/2 معادل آنها از ۵ سانتیمتر تا ۵ متر خواهد بود. در عمل، حد پائین طول، ۲۵ سانتیمتر است.
آنتن هایی که در این باندها بکار میروند، بعلت بهره بالائی که مورد نیاز است، اکثرا از آنتن های دوقطبی تاشده (دی پل دوبل) با منعکس کننده و جهت دهنده ها، استفاده میشود (مجموعه آنتن یاگی). اندازه آنها نسبتا کوچک است، بطوریکه براحتی برروی پشت بامها و دکل های آنتن، قابل نصب هستند. آنتن های تلویزیون در پشت بامها، نمونه آنتن های VHF-UHF (دوقطبی تاشده)، هستند.
تصویر شماره ۱-۲ یک نمونه از این نوع آنتن ها، که معروف به آنتن بال خفاشی[3]است، و در یکی از برج های مخابراتی آلمان بکار رفته است، را نشان میدهد. در تصویر شماره ۱-۳ یک نمونه دیگر بازتابنده گوشه ای UHF ملاحظه میگردد.

[1] High Frequency
[2] Very High Frequency / Ultra High Frequency
[3] Super-turnstile or Batwing antenna

فصل دوم

سازه

۲-۱- مقدمه

جهت طراحی یک برج مخابراتی، آشنایی با سیستم های سازه ای ساختمانهای بلند، ضروری است. شناخت محدودیت ها و امکانات طرح سازه ای، بنظر میرسد که میتواند کلیه ابعاد دیگر طراحی برج را، تحت الشعاع خود قرار دهد. در واقع بعد سازه ای برج، بعنوان مهمترین عامل، باید در ذهن معمار نقش ببندد، و تحقق کلیه ایده های معمارانه را منوط به جواب دادن سازه، نماید.
برج های مخابراتی، به دلیل ارتفاعشان، جزئی از ساختمانهای بلند مرتبه محسوب میگردند، و کلیه عوامل موثر سازه ای که در طرح ساختمانهای بلند موثر است، در شکل دهی برج های مخابراتی هم موثر خواهد بود. بنابر این، در این فصل، نخست بارهای مؤثر بر طرح ساختمانهای بلند، بطور خلاصه، مورد بررسی قرار گرفته، و سپس سیستم های سازه ای ساختمانهای بلند مرتبه، مورد مطالعه کلی قرار میگیرد، و عوامل موثر بر طرح آنها شرح داده میشود. در نهایت در مورد مشخصات و خصوصیات و کیفیات سازه برج های بتونی مخابراتی، توضیحات لازمه ارائه میگردد.
قبل از شروع بحث راجع به "ساختمان بلند"، بهتر است بدانیم که تعریف "ساختمان بلند" چیست، و اساساً این اصطلاح، به چه نوع ساختمان هایی اطلاق میگردد.
در گذشته نه چندان دور، "ساختمان بلند" به ساختمانی اطلاق میگردید، که بلندتر از نردبان آتش نشانی بوده است. بعبارت دیگر به ساختمانی گفته میشد که "دور از دسترس توسط نردبان آتش نشانی" بوده است. اما در حال حاضر، مطمئن ترین تعریف را میتوان از تعاریف "کمیسیون معماری و محیط مصنوع، بریتانیا" استخراج نمود. بر طبق تعریف کمیسیون مزبور، "ساختمان بلند، ساختمانی است که به طور قابل توجهی، از ساختمانهای اطراف خود بلندتر است، و / یا خط آسمان شهر[1] را، بطور قابل ملاحظه‌ای، تغییر میدهد".

---

[1] خط آسمان شهر، دور نمای عمومی شهر، از چشم یک ناظر است، که در زمینه آسمان دیده میشود. خط آسمان، یکی از مهمترین عناصر سیمای شهر (یا یک محل)، میباشد.

به رغم بسیاری از تعابیر و تعاریف ذکر شده در مورد ساختمانهای بلند، و حتی با توجه به عدم توافق در مورد یک تعریف دقیق و مشخص، ویژگی های سازه ای، مسئله ای است که باید همیشه در طراحی و ساخت ساختمانهای بلند، مدنظر قرار گیرد. بنابراین برای درک بهتر سازه ساختمانهای بلند مرتبه، ضروری است که درک کنیم سازه، چگونه رفتار میکند، و معیارهای اصلی تأثیرگذار بر آن، چیست.

برنامه ریزی دقیق اولیه برای طراحی یکپارچه و کارآمد از اهمیت بسیاری برخوردار است، و نیاز به تشریک مساعی بین گروههای مختلف طراحی معماری، مهندس سازه، مهندس تاسیسات و مجری ساختمان دارد. علاوه بر آن در طراحی ساختمان های بلند نیاز به متخصصان دیگر هم میباشد، که شامل:

- ✓ مهندس طراحی نما
- ✓ متخصص تأثیر باد بر سازه های بلند
- ✓ متخصص ژئوتکنیک
- ✓ متخصص لرزه نگاری
- ✓ مشاور آتش نشانی
- ✓ متخصص آسانسور و ارتباطات عمودی
- ✓ مشاور ساخت و ساز

متخصصان فوق الاشاره، در ترکیب تیم طراحی قرار دارند، و نقشی تاثیرگذار در طرح سازه، ایفاء مینمایند. بنابراین، باید اذعان نمود که بدون هیچگونه تردیدی، پارامترهای مهمی، خارج از کنترل طراح سازه، وجود دارند، که در انتخاب نوع سیستم سازه ای و طرح سازه، تأثیر میگذارند.

بطور معمول، آرشتیکت کوششهای گروههای مختلف را هماهنگ میکند، و تلاش مینماید تا تمام اجزاء مختلف درگیر در این پروسه، به مانند یک سیستم یکپارچه، عمل نمایند.

آرشیتکت باید به طرح ساختمان، بصورت یک سیستم کلی، نزدیک شود با این تصور که در این سیستم، سازه نگهدارنده نسبتا پیچیده ساختمان، همچون یک جزء مهم و اساسی از طرح، نقشی بسیار پررنگ، ایفاء مینماید.

ساختمان باید در مقابل نیروهای قائم ثقل و نیروهای افقی باد در بالای سطح زمین، و زلزله در زیر سطح زمین، مقاومت کند. پوشش ساختمان، باید اختلاف درجه حرارت، فشار هوا و رطوبت بین محیط خارج و داخل را تحمل کند. عناصر سازه ای ساختمان باید جوابگوی همه این نیروها باشند. این عناصر باید چنان قرار بگیرند و به یکدیگر متصل شوند که این نیروها را جذب، و با کمترین تقلایی، آنها را با اطمینان به زمین هدایت کنند.

آرشیتکتی که نسبت به این نیروها و منابع آن حساس، و از نحوه باربری اعضاء سازه ای مطلع باشد، در همان مراحل اولیه میتواند طرح معقولی را ارائه دهد. آرشیتکتی که از اصول مهندسی سازه درک اساسی داشته باشد، میتواند با متخصص سازه، تشریک مساعی کند، تا به راه حل مناسبی نائل گردد.

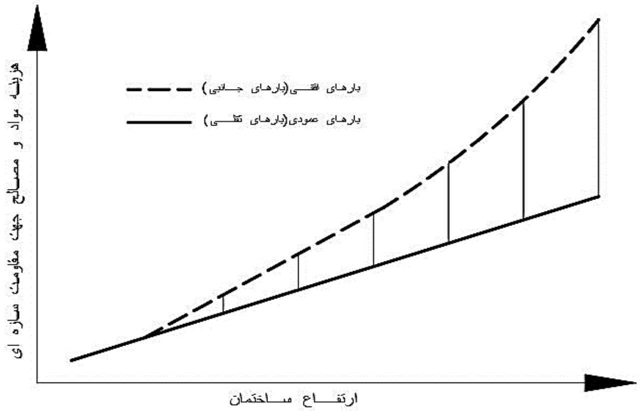
۲-۲- اثر بار بر روی سازه های بلند

آنالیز سازه بخشی بسیار مهم در طراحی ساختمان های بلند میباشد، زیرا بارهای سازه ای میتوانند باعث ایجاد تنش، تغییر شکل و جابجایی شوند، که ممکن است منجر به مشکلات سازه ای، یا عدم کارآیی آن گردد. مقررات ساختمانی، الزام میدارد که سازه ها باید به گونه ای طراحی و ساخته گردند تا بتوانند در برابر انواع بارهایی که احتمالاً در طول چرخه حیات خود با آنها روبرو میشوند، مقاومت کنند. همانطوریکه میدانیم، انواع مختلفی از بارها وجود دارند، که میتوانند بر روی یک سازه عمل کنند. ماهیت آنها با توجه به ویژگی های طراحی، نوع استفاده، موقعیت مکانی سازه و مواد و مصالح مورد استفاده، متفاوت خواهد بود. لازم به ذکر است که اصولاً، الزامات طراحی، بر اساس حداکثر بارهایی که سازه باید تحمل کند، تعریف شده است.

اصولاً یک ساختمان بلند در معرض تعداد زیادی از بارهای مختلف، قرار دارد. بارهای مزبور میتوانند استاتیک یا دینامیک باشند. از داخل ساختمان و یا خارج از ساختمان به سازه اعمال گردند. یک دسته بندی ساده، این است که بارها را بر اساس جهتشان تقسیم بندی نمود: بارهای عمودی، بارهای افقی.

بارهای عمودی، که به آنها بارهای ثقلی نیز میگویند، معمولاً ناشی از وزن ساختمان، بار زنده، و بار برف میباشند. بارهای افقی یا بارهای جانبی، ممکن است، بطور مثال، بخاطر بار باد، و بار زلزله ایجاد شوند. به طور کلی، اندازه همه این بارها با افزایش تعداد طبقات، تا حدودی، به صورت خطی افزایش مییابند. اثر ازدیاد بار باد، از طرف دیگر، به طور متفاوتی عمل مینماید، و اثر آن با افزایش ارتفاع سازه، به سرعت، تشدید میشود. همچنین بار باد، به عنوان بار اصلی و شاخص، یکی از مواردی است که در طراحی ساختمانهای بلند، ضرورتاً باید مدنظر قرار گیرد.

تفاوت معنادار تاثیر بارهای افقی نسبت به بارهای عمودی، در یک ساختمان بلند مرتبه، در تصویر شماتیک شماره ۲-۱ نشان داده شده است. همانطوریکه در تصویر مزبور ملاحظه میگردد، هزینه مصرف مواد و مصالح سازه ای بیشتر، جهت ایجاد مقاومت ساختمان در برابر بارهای افقی، به شدت و بطور چشمگیری با اضافه شدن ارتفاع، افزایش مییابد. این نسبت برای بارهای ثقلی (بارهای عمودی)، یک نسبت مستقیم ساده خطی است.



تصویر ۲-۱ نمودار هزینه سازه ای، نسبت به ارتفاع یک ساختمان بلند

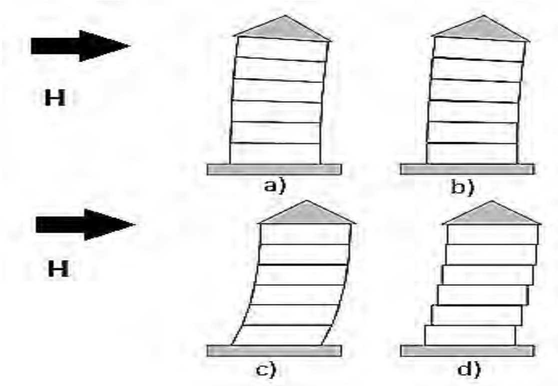
البته باید در نظر داشت، که این نمودار شماتیک، جهت مقایسه تاثیرات هزینه ای بارهای افقی، نسبت به بارهای عمودی، بر روی یک ساختمان بلند مرتبه تا حداکثر ۷۰ طبقه، جهت درک بهتر این تفاوت ها، ترسیم گردیده است.

اثر متعامد بارهای جانبی، باعث جابجایی، تغییر مکان سازه، واژگونی و پیچ خوردگی جانبی آن، می‌گردد، که این خود تأثیر منفی، بر روی پایداری ساختمان دارد. اما در همان حال، بنظر میرسد که بارهای ثقلی جاذبه، در جهت خود ساختمان ظاهر میشوند، و از این طریق تا حدود زیادی تأثیر مثبت، بر پایداری سازه دارند.

در همه موارد، صرف نظر از جهت بارها ، کار اصلی سازه، انتقال این بارها به زمین است. در مسیر انتقال این بارها به پایین، سناریوهای مختلفی به صورت ناپایداری، یا شکستگی قطعات، میتواند رخ دهد. اینکه دقیقاً در کجا، این بی ثباتی یا شکستگی رخ میدهد، بستگی زیادی به سیستم تحکیم سازه ای انتخاب شده، دارد.

سناریوهای احتمالی ناپایداری سازه، که ناشی از بارهای استاتیکی جانبی است، میتواند بصورت لغزندگی سازه، و یا بلند شدن آن، اتفاق بیافتد. در تصویر شماره ۲-۲ نشان داده شده است، که چه اتفاقی خواهد افتاد، وقتی یک ساختمان مقاومت کافی، و یا مقاومت غیر مکفی، در برابر این سناریوها دارد. یعنی مقاومت برشی ناکافی، به این معنی است که حرکت افقی طبقات، در اثر بارهای جانبی، وجود خواهد داشت، و آنچه که معروف به حرکت کشویی طبقات است، رخ خواهد داد، که در تصویر شماتیک شماره d ۲-۲ نشان داده شده است. بلند شدن طبقات که در تصویر شماتیک شماره b ۲-۲ نشان داده شده است، به دلیل مقاومت خمشی ناکافی اتفاق میافتد.

در صورتی که مقاومت برشی در فونداسیون ضعیف باشد، و اتصال ساختمان با بستر خود (زمین) ناکافی باشد، اتفاقات نظیر آنچه گفته شد، در ساختمان رخ خواهد داد. سرانجام ساختمان دچار تغییر شکل میشود، حتی اگر مقاومت کافی در برابر شکستگی داشته باشد.



تصویر ۲-۲ سناریوهای ناشی از بارهای جانبی

در تصویر شماتیک شماره ۲-۲ ، تصاویر a و b نشاندهنده نتیجه مقاومت خمشی کافی / ناکافی، و تصاویر c و d نشاندهنده نتیجه مقاومت برشی کافی / ناکافی در سازه، میباشند. بدیهی است که اندازه تغییر شکل، بستگی به سختی ساختمان، خواهد داشت.

از نقطه نظر سازه ای، انتخاب یک دستگاه سازه مناسب، بستگی به دانستن سه عامل زیر دارد:

- ✓ بارهایی که باید حمل شوند،
- ✓ خواص مصالح ساختمانی،
- ✓ عمل سازه ای، که بوسیله آن نیروهای بارگذاری، بوسیله اجزاء ساختمانی به زمین منتقل میشوند.

با بخاطر نگاهداشتن این سه عامل، طراح سازه برای تخمین رفتار سازه و مصالح، از مدل های واقع بینانه استفاده میکند، ولی برای پیش بینی شدت بارگذاری، از مقادیر تجربی آئین نامه ای استفاده میشود.

طراح، باید نیروها و اثر بارگذاری مربوطه را درک کند، تا ساختمان، بی خطر و قابل استفاده باشد. بخش های زیرین، نیروها، و اثر بارگذاری آنها را روی ساختمان، بطورخلاصه، بررسی میکنند.

۲-۲-۱- بارهای مرده

بارهای مرده ، که به عنوان بارهای ثابت یا ایستا نیز شناخته میشوند، بطور عمده با وزن خود سازه در ارتباط هستند و به همین ترتیب با گذشت زمان ثابت، و یا نسبتاً ثابت، میمانند. بارهای مرده را ممکن است بصورت بارهای استاتیکی که در اثر وزن اجزاء سازه ایجاد میشوند، تعریف کرد. بارهای

مرده ممکن است شامل وزن عناصر سازه ای، پارتیشن های دائمی غیر سازه ای، کف، سقف، پوشش نما، دیوارهای جداکننده ثابت، وسایل غیر منقول، مانند کابینت های داخلی و غیره، باشد. مجموع وزنهای همه این قسمتها، بار مرده ساختمان را تشکیل میدهد.

بارهای مرده را میتوان با ارزیابی وزن مواد و مصالح تعریف شده در پروژه مورد نظر و حجم آنها بر اساس نقشه ها، محاسبه کرد. این بدان معناست که از نظر تئوری میتوان بارهای مرده را با درجه خوبی از دقت محاسبه کرد. با این حال، مهندسان سازه، گاهی اوقات در برآوردهای خود محافظه کار هستند، تغییر شکل های احتمالی را به حداقل میرسانند، اجازه میدهند یک حاشیه خطا ایجاد شود، و بنابراین میزان بارهای مرده در نظر گرفته شده، اغلب به مراتب، بیش از موارد تجربه شده، است. بنظر میرسد که تعیین وزن مصالح، و از آنجا بار مرده ساختمان، کار ساده ای باشد. اما بدلیل مشکلات گوناگون در تجزیه و تحلیل دقیق بارها، تخمین بارهای مرده ممکن است ۱۵ تا ۲۰ درصد، و یا حتی بیشتر در خطا باشد.

بارهای ناشی از نیروی جاذبه زمین را میتوان به دو دسته مجزا تقسیم کرد: استاتیکی و دینامیکی. بارهای استاتیکی، همیشه جزء ثابتی از سازه هستند. بارهای دینامیکی، موقتی هستند، یعنی با تغییر زمان و فصل تغییر میکنند، یا تابع مکان داخل، یا روی سازه هستند.

در مرحله اولیه طرح، برای مهندس محاسب، پیش بینی دقیق وزن مصالح ساختمانی، که هنوز انتخاب نشده اند، کار غیرممکنی است. مصالح غیر سازه ای[1] مشخصی که باید انتخاب شوند، شامل صفحات پیش ساخته نما، لوازم روشنایی، قطعات سقف، لوله ها، مجراها، خطوط برق و اجزاء نیازمندی های داخلی خاص ساختمان، میباشند. وزن عناصر تقویت کننده و اتصالات، در سازه های فولادی فقط بصورت درصدی از وزن کل، تخمین زده میشود. وزن واحد حجم مصالح که به وسیله تولید کنندگان، یا آئین نامه ها داده میشود، همیشه با وزن واحد حجم محصول تولید شده، مطابقت ندارد. اندازه های اسمی اجزاء ساختمان، ممکن است با اندازه های واقعی اختلاف داشته باشند. برای مثال، قالب بتونی که در محل ریخته میشود، ممکن است تا ۱۳ میلیمتر خطا داشته باشد. این چند مثال نشان میدهند موقعیکه اطلاعات دقیق در دسترس نباشد، بارهای مرده را نمیتوان بطور دقیق تخمین زد.

۲-۲-۲- بارهای زنده

بارهای زنده، که به آنها بارهای تحمیل شده نیز گفته میشود، معمولاً موقتی، قابل تغییر و دینامیک هستند. اینها شامل بارهایی مانند وزن اشخاص، مبلمان و سایر تجهیزات (که جزء بارمرده بحساب نمی آیند)، است. شدت این بارها، ممکن است بسته به ساعات روز، و در طول زمان متفاوت باشد.

[1] Non-Structural

به عنوان مثال، در یک ساختمان اداری، ممکن است بارهای زنده، در طول ساعات کاری هفته افزایش یابد، اما همان ساختمان، بارهای بسیار کمتری را در طول شب یا آخر هفته ها، تجربه کند.
بار زنده را میتوان به صورت یک بار گسترده یکنواخت، یا به عنوان یک بار که در یک منطقه متمرکز (بار نقطه ای) وارد میشود، بیان کرد. در بریتانیا و بیشتر اروپا، بارهای زنده به صورت کیلو نیوتن بر متر مربع (KN/m^2) بیان میشوند، در حالیکه واحد آن در آمریکا، پوند بر فوت مربع (PSF) است.
بارهایی مانند بار باد، بار برف، بار باران و بار زلزله، گاهی اوقات جدا از بارهای زنده، به عنوان بارهای محیطی، در نظر گرفته میشوند، که در مبحث بارهای محیطی، به آنها خواهیم پرداخت.
فرق اساسی بارهای زنده با بارهای مرده، در این است که بارهای زنده، متغیر، و غیر قابل پیش بینی هستند. همانطوریکه گفته شد، تغییر در بارهای زنده، نه تنها در طول زمان اتفاق میافتد، بلکه همچنین تابعی از مکان میباشد. این تغییر، ممکن است در مدت زمان کوتاه، یا طولانی صورت گیرد. بدین ترتیب تقریباً غیرممکن است که بارهای زنده را بصورت استاتیکی تخمین زد.
بارهایی که بوسیله اشیاء یا اشخاص در ساختمان ایجاد میشوند، بنام بارهای سکنی[۱] موسوم هستند. این بارها شامل: وزن اشخاص، مبلمان، جداکننده های متحرک، گاوصندوق ها، قفسه کتابها، قفسه های بایگانی، لوازم نصب کردنی، وسایل صنعتی و دیگر بارهای نیمه دائم و موقتی که روی ساختمان اثر میکنند (ولی جزئی از سازه نیستند، و جزء بارمرده بحساب نمی آیند)، میباشد.
با توجه به امکان تنوع پذیری سازه های بلند، پیش بینی شرایط بار زنده ممکن، در سازه مورد نظر، کار تقریبا غیرممکنی است. ولی بوسیله تجزیه و تحلیل و اندازه گیری بارهای روی ساختمانهای موجود، بارهای زنده توصیه شده برای انواع مختلف، ارائه شده است. نتایج به شکل جدول های بار، در آیین نامه های ساختمانی داده شده است. در تهیه این جدول ها، ضرایب اطمینان تجربی برای شرایط بارگذاری حداکثر ممکن، در نظر گرفته شده است.

۲-۲-۳- بارهای محیطی

بارهای محیطی، آن دسته از بارهای ناشی از نیروهای طبیعی مانند باد، باران، برف، زمین لرزه، و یا در نتیجه شرایط توپوگرافی هستند، که بر روی یک سازه عمل میکنند.

۲-۲-۳-۱- بارهای برف، باران و یخ
بار برف میتواند با تجمع برف بر روی سطوح برف گیر ساختمان، بر روی سازه تحمیل شود. این موضوع، بخصوص در مناطق جغرافیایی که بارش برف میتواند زیاد و مکرر باشد، موجب نگرانی بیشتر است. مقادیر قابل توجهی از برف، میتواند جمع شود و بار قابل توجهی به سازه اضافه کند.

---
[1] Occupancy Loads

شکل سطوح برف گیر ساختمان هم، یک عامل مهم در میزان بار برف است. مشاهده ارتفاع و تراکم برف در طول سالیان دراز، منجر به پیش بینی معقول حداکثر بار برف شده است. ۲/۵ سانتیمتر برف، بسته به تراکمش kg/m^2 ۲/۴ تا kg/m^2 ۳/۴ وزن دارد.
بار برف که بوسیله آئین نامه ها تعیین شده است، بر اساس حداکثر برف روی زمین میباشد. بار برف زمین، بر اساس آمار موجود در منطقه (و با دوره بازگشت ۵۰ ساله) که احتمال تجاوز از آن در سال دو درصد باشد، محاسبه میگردد.
در مورد برج های مخابراتی، که در مناطق سردسیر قرار دارند، و امکان ریزش برف در فصل سرما زیاد میباشد، در صورتیکه برف روی سازه (بخصوص سازه نگهدارنده آنتن و خود آنتن) باعث تشکیل یخ گردد، سطح بادگیری را افزایش داده، و نتیجتاً بر بار باد می افزاید.
با وجود اینکه اغلب در محاسبه بار محیطی، به بار ناشی از انباشت آب، فکر کرده نمیشود، حتما باید در موقع طرح، آنرا بخاطر داشت. بار باران بطور کلی کمتر از بار برف است، ولی باید بخاطر داشت که ذخیره شدن آب با وزن kg/m^3 ۱۰۰۰ منجر به ایجاد مقدار قابل ملاحظه ای بار، میشود.
صرفنظر از شیب بام، در صورتیکه امکان جمع شدن آب بر روی بام به منظور رسیدن به شبکه زهکشی فرعی وجود داشته باشد، ناپایداری انباشتگی آب، میتواند رخ دهد. اگر لوله های هدایت آب باران مسدود شوند، بار سنگینی روی بامهای مسطح ایجاد میشود. همچنانکه آب جمع میشود، بام تغییر شکل داده، و شکم میدهد، و این باعث میشود که آب بیشتری جمع شده و منجر به تغییر شکل زیادتری گردد. این پدیده که موسوم به حوض شدن[1]میباشد، ممکن است باعث فروریختن نهایی بام شود.
بار ناشی از یخ زدگی باران و برف، باید در طراحی سازه ها و اجزای حساس به یخ، در نظر گرفته شود. یخ روی اجزاء بیرون آمده از ساختمان، جمع میشود. از این رو لازم است که این قطعات چنان طرح و اتصال داده شوند، که بارهای سنگین قندیل های یخ را تحمل کنند. بعلاوه، بطور مثال، در برج های مخابراتی، تشکیل یخ روی آنتن ها و سازه نگهدارنده آنها، باعث ازدیاد سطح و وزن شده، که منجر به اضافه شدن فشار باد میشود. ارقام مربوط به بار یخ که توسط سازمان رادیو و تلویزیون فرانسه پذیرفته شده اند، برحسب موقعیت محلی تغییر میکند. در گرنوبل[2]که دعوت به شرکت در مناقصه طرح ساخت یک برج شده بود، در طرح تهیه شده، ضخامت یخ بر روی چارچوب سازه را، سه برابر ضخامت یخ بر روی تیرهای حمال در نظر گرفته بودند، و در هرحال حداکثر ضخامت ۱۰ سانتی متر بود.

[1] Ponding
[2] Grenoble

۲-۲-۳-۲- بارهای باد

اثرات متقابل بین باد و سازه ساختمان، به دلیل پیچیدگی جریان باد، باعث ایجاد شرایط متفاوتی از جریان هوا در اطراف ساختمانهای بلند، میگردد. ساختمانهای بلند اولیه، به اثرات پیچیده نیروی جانبی ایجاد شده بوسیله باد، آسیب پذیر نبودند. وزن عظیم ساختمان، با دیوارهای باربر ساخته شده از مصالح بنائی، چنان بود که نیروی باد قادر نبود به نیروهای جاذبه زمین، غلبه کند.

ساختمانهای بلند با دیوار شیشه ای سالهای ۱۹۵۰ با فضای باز داخلی اپتیمم و وزن نسبتا کم، برای اولین بار در مقابل نیروهای باد واکنش نشان دادند. بنظر میرسید که دوران نوین ساختمانهای بلند، با خود مشکلات جدیدی آورده است. برای اینکه وزن مرده، کاهش داده شود و فضاهای بزرگتر و انعطاف پذیرتر، ایجاد گردد، تیرهای با دهنه زیاد، جداکننده های داخلی غیر باربر متحرک و دیوارهای پیرامونی غیرباربر، ساخته شده است. همه این ابداعات از صلبیت کلی سازه ها، کم کرده اند، بطوریکه حالا سختی جانبی[1](یا تغییر مکان جانبی) یک ساختمان، ممکن است تعیین کننده تر از مقاومتش باشد. این بدان معنی است که عمل باد، یک مسئله اساسی برای طراح ساختمانهای بلند، شده است.

بادهایی که در طراحی ساختمان ها، مورد توجه هستند را میتوان به سه نوع عمده تقسیم کرد: بادهای غالب، بادهای فصلی و بادهای محلی.

- بادهای غالب: بادهای دائمی از شرق به غرب هستند، که در منطقه استوایی زمین (بین عرض های جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی تا ۳۰ درجه جنوبی) جریان دارند. بادهای غالب عمدتا از سمت شمال شرقی در نیمکره شمالی، و از سمت جنوب شرقی در نیمکره جنوبی، میوزند.
- بادهای فصلی: هوای بالای زمین در تابستان گرمتر، و در زمستان سردتر از هوای مجاور اقیانوس ها در همان فصول است. در طول تابستان، قاره ها، به مکان های کم فشار تبدیل میشوند، و باد از اقیانوس های سردتر به سمت آنها، میوزد. بر عکس در زمستان، قاره ها با وزش باد به سمت اقیانوس های گرمتر، فشار زیادی را تجربه میکنند. به این حرکات هوای ناشی از تغییرات اختلاف فشار، بادهای فصلی گفته میشود. بادهای موسمی دریای چین و اقیانوس هند، نمونه هایی از این بادهای فصلی هستند.
- بادهای محلی: این بادها منطقه کوچکی را در برگرفته، و معمولاً منحصر به لایه‌های بسیار پایین اتمسفر است، و شامل گردباد و طوفان هستند. این بادها در اثر تغییرات روزانه دما و فشار، ایجاد میشوند، مانند نسیم دره و کوه، که در اتمسفر آزاد، در نتیجه

[1] Lateral Stiffness

تفاوت گرمای حاصله بین دره‌ها و دشت‌ها، که منجر به اختلاف فشار بین نواحی یاد شده میگردد، بوجود می‌آیند.

هر سه نوع باد، در طراحی ساختمان، از اهمیت برخوردار هستند. با این حال، برای تعیین بارهای باد، مشخصات بادهای غالب و فصلی در یک گروه بررسی میشوند، در حالیکه ویژگی های بادهای محلی به طور جداگانه مورد مطالعه قرار میگیرد. این گروه بندی، برای تمایز بین مقیاسهای مختلف نوسانات باد است. نوسانات بادهای غالب و فصلی در طی چند ماه صورت میپذیرد، در حالیکه بادهای محلی ممکن است هر چند ثانیه، تغییر کنند. تغییرات در سرعت متوسط بادهای غالب و فصلی، تحت عنوان نوسانات سرعت باد، مورد بررسی قرار میگیرد، در حالیکه تغییرات در بادهای محلی که در مدت زمان بسیار کوتاهی اتفاق می افتد، تحت عنوان تندبادها، مورد مداقه قرار میگیرد.

جریان باد برخلاف سیالات دیگر، ثابت نیست، و به صورت تصادفی در نوسان است. به همین دلیل، بارهای باد برای طراحی ساختمان، به صورت آماری بررسی میشود.

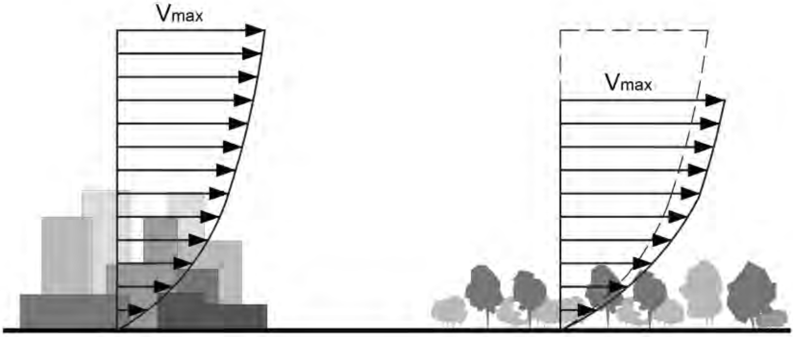
باید به یاد داشته باشیم، که هنگام طراحی سازه ساختمانهای بلند برای مقابله با نیروی باد، نمیتوان آن ساختمان را، مستقل از محیط پیرامون خود، فرض کرد. زیرا وضعیت و موقعیت ساختمانهای مجاور و زمین طبیعی، تأثیر زیادی بر سنجش میزان بارهای طراحی دارد، که نتیجتاً میزان نوسان ساختمان را هم، متأثر میسازد. نوسان، به عنوان تغییر مکان افقی در بخش بالایی ساختمان، تعریف میشود. نوسان قسمت بالای ساختمان، ممکن است توسط ناظران بیرونی دیده نشود، اما ممکن است باعث نگرانی کسانی باشد که در طبقات آخر ساکن هستند، و با مشکلات ناشی از حرکت باد، باید دست و پنجه نرم کنند. شواهد اندکی وجود دارد که نشان میدهد بادها، به استثنای گردبادها و یا طوفان های شدید، به سازه ساختمانها، آسیب زیادی وارد کرده باشند. با این وجود، بررسی رفتار باد با ساختمانهای بلندمرتبه مدرن، که معمولاً با استفاده از دیوارهای پرده ای سبک وزن، پارتیشن ها و مواد با مقاومت بالا ساخته میشوند، کار عاقلانه ای است. زیرا در مقایسه با ساختمانهای بلندمرتبه اولیه، با نماهای سنگی و اعضای عظیم سازه ای، که وزن بالایی داشتند، ساختمانهای بلندمرتبه مدرن، مستعد ابتلا به مشکلات ناشی از حرکت باد هستند.

مطمئناً، همه ساختمانهای بلند، در هنگام وزش طوفان، دچار نوسان میشوند، اما این حرکات در ساختمانهای بلند قدیمی، معمولاً نامحسوس بوده و بنابراین نگرانی ایجاد نمیکرده است. نوآوری های سازه ای، همراه با ساخت و سازهای سبک، باعث کاهش سختی، جرم و ویژگی های میرایی ساختمانهای مدرن شده است. در این ساختمانها، بر اثر فشار باد، ممکن است اشیا تکان بخورند، دربها و لوسترها تاب بخورند، تصاویر کج شوند، و کتابها از قفسه ها بیافتند. بعلاوه اگر ساختمان بر اثر فشار باد، دچار تاب و چرخش همزمان گردد، ساکنان آن، ممکن است این حس را داشته باشند

که جهان خارج در حال حرکت است، و دچار سرگیجه و عدم تعادل، گردند. در طوفان های شدیدتر، ممکن است پنجره ها شکسته شوند، و مشکلات ایمنی را برای عابران پیاده در پیاده رو و زیر ساختمان، ایجاد کند. گاهی اوقات ممکن است، ساکنان صداهای عجیب و ترسناکی، بخاطر لرزش چارچوب آسانسورها، فشار به کف ها و دیوارها، بشنوند.

به طور کلی موافقت شده است که معیاری که معمولاً مورد استفاده قرار میگیرد، محدود کردن شتابهای طبقات فوقانی ساختمانهای بلند به کمتر از ۲٪ از نیروی جاذبه، برای بادهای با دوره بازگشت ۱۰ ساله، است. سایر رهنمودهایی که معمولاً مورد استفاده قرار میگیرند، شامل مواردی است که توسط شورای ساختمانهای بلند و زیستگاههای شهری (CTBUH[1]) و سازمان استاندارد بین المللی (ISO 6899-1984) منتشر شده است.

درک باد و پیش بینی رفتارش بصورت علمی بسیار دقیق، ممکن است غیر ممکن باشد. عمل باد روی ساختمان، یک عمل دینامیکی است، و بستگی به عوامل مختلف از قبیل ناهمواری و شکل زمین اطراف ساختمان، باریکی[2] و ترکیب نمای سازه مورد نظر، و نحوه قرار گرفتن ساختمانهای مجاور دارد. خصوصیت دینامیکی باد، نشان دهنده دو پدیده است: یکی سرعت متوسط باد، که بطور کلی ثابت است، و دیگری سرعت وزش ناگهانی.[3] از اینرو باد، دو مولفه استاتیکی و دینامیکی دارد. سرعت متوسط باد، همانطوریکه تصویر شماره ۲-۳ نشان میدهد، بطور کلی با ارتفاع، افزایش مییابد. شدت اضافه شدن سرعت متوسط، تابع ناهمواری زمین است، زیرا در نزدیکی سطح زمین بعلت اصطکاک، از سرعت باد کاسته میشود.



تصویر ۲-۳- مقایسه سرعت باد در محیط شهری و در طبیعت هموار

تداخل با اجسام محیط (مثلا درختان، پستی و بلندی زمین، ساختمانها) هر چقدر بیشتر باشد، ارتفاعی که در آن حداکثر سرعت (Vmax) اتفاق میافتد بیشتر خواهد بود.

---

[1] Council on Tall Buildings and Urban Habitat
[2] Slenderness
[3] Gust velocity

بطور کلی میتوان گفت که فشار باد بر روی یک ساختمان بلند، ابتدائاً به سرعت آن، شکل و فرم سطوح سازه ای، پستی و بلندی و شکل زمین های اطراف (و سازه های ساخته شده توسط بشر) بستگی دارد. در درجه دوم، به تراکم هوا بستگی دارد، که با اضافه شدن ارتفاع و درجه حرارت، میزان آن کاهش میابد. همانطور که میدانیم، فشار ناشی از باد، متناسب با توان دوم سرعت آن است. فشار ایجاد شده بوسیله باد روی ساختمان، از فرمول زیر محاسبه میشود:

$$P=0.002558\ v^2$$

در این رابطه P فشار روی نمای ساختمان بر حسب پاوند بر فوت مربع (psf)، و v سرعت متوسط حداکثر، بر حسب مایل در ساعت (mph) میباشد.[۱]

در هنگام طوفان، سرعت یک وزش طوفان سه ثانیه ای، ممکن است به مقدار بیش از ۱۵۰ مایل بر ساعت[۲](mph) برسد، که این مقدار، معادل با یک فشار دینامیکی حدود ۹۰ پاوند بر فوت مربع[۳] (psf)، در ارتفاع ۵۰۰ فوتی (حدود ۱۵۳ متر) میباشد. این مقدار فشار، یک فشار استثنایی است، و همیشه اتفاق نمی افتد، اما به طور عموم، مقدار فشار ۴۰ تا ۵۰ پاوند بر فوت مربع[۴](psf)، رقمی معمول به نظر می‌رسد.

در سازه های مهندسی شده، بارهای باد از مدت ها پیش، بعنوان یک عامل مهم در طراحی سیستمهای سازه ای مقاوم در برابر نیروهای جانبی بوده، که با افزایش ارتفاع ساختمان، به میزان آن بصورت قابل توجهی نیز افزوده میشود. برای چندین دهه، سیستم های پوشش نمای ساختمان های بلند مرتبه، به ویژه در گوشه ساختمان ها، به لحاظ تأثیر باد بر آنها، مورد مداقه و بررسی دقیق قرار گرفته اند. شیشه و دیوارهای پرده ای ساختمان های بلند مرتبه، برای مقاومت در برابر باد مفروض، بطور مرتب آزمایش گردیده، و سیستم آنها مرتباً دچار دگرگونی و پیشرفت شده اند.

همانطوریکه باد به سازه برخورد میکند و در اطراف آن جریان میابد، سناریوهای مختلفی ممکن است رخ دهد، که در تصاویر شماره ۲-۴ تا ۲-۱۵ نشان داده شده است. جریان باد، بطور معمول، ایجاد فشار بر روی جبهه رو به باد[۵]میکند، و مکش[۶]بر روی جبهه پشت به باد[۷]سازه، ایجاد نیروهای کششی مینماید.

---

[1] فرمول فوق الذکر، فرمول ساده شده فشار میباشد، که بر اساس واحد امپریال، بیان شده است. در صورت استفاده از واحد SI میتوان از فرمول زیر استفاده نمود:

$$P=0.613\ v^2$$

در این رابطه P فشار روی نمای ساختمان بر حسب نیوتن بر مترمربع (n/m^2)، و v سرعت متوسط حداکثر، بر حسب متر بر ثانیه (m/s) میباشد.
برای اطلاعات بیشتر، به استانداردهای انجمن مهندسین عمران امریکا ASCE 7 به فصل 6.5.10 Velocity Pressure مراجعه گردد.

[2] معادل با بیش از ۲۴۰ کیلومتر بر ساعت

[3] معادل حدود ۴۳۱۰ نیوتن بر مترمربع

[4] برابر با حدود ۱۹۱۵ تا ۲۳۹۴ نیوتن بر مترمربع

[5] Windward

[6] Suction

[7] Leeward face

خارجی و داخلی ساختمان برابر نباشد، فشارهای هیدرواستاتیک میتوانند بارهای بیش از حد بر فونداسیون و دیوارهای زیرزمین وارد نمایند و سازه ها را بلند کنند.

سازه هائی که در عمقی از زمین ساخته میشوند، تحت تاثیر بارهایی قرار میگیرند، که با بارهایی که در بالای سطح زمین با آنها مواجه هستند، فرق دارد. زیرسازی یک ساختمان باید فشارهای جانبی ایجاد شده بوسیله زمین و آب درون زمین را تحمل کند. این نیروها در جهت عمود بر دیوارها و کف های زیرسازی عمل میکنند.

فشار جانبی وارد شده روی دیوار بوسیله خاک را، ممکن است تصور نمود که مشابه فشار آب عمل میکند. به عبارت دیگر برای آن میتوان فشار مایع معادلی فرض کرد. بزرگی فشار جانبی خاک، بستگی به نوع خاک دارد. برای خاک های خشک، فشار مایع معادل ۴۸۰/۵ $kg/m^2/m$ را بعنوان تقریب اولیه میتوان بکار برد. همچنین اگر سفره آب زیرزمینی[1] در بالای خط یخبندان[2] باشد، در اثر یخ زدگی، فشار اضافی تولید میشود. در هنگام وقوع زلزله که باعث ارتعاش و شتاب دادن زمین میگردد، بر نیروهای جانبی، اضافه میشود.

۲-۲-۴-۵- بارهای ناشی از نشست

ایجاد اعوجاج یا اختلال در بخش‌هایی از یک ساختمان، ممکن است حاصل نشست سازه باشد، که به دلایل زیر، ممکن است اتفاق بیافتد:

- فشار نابرابر، بر روی فونداسیون ها؛
- انقباض خاک، تغییر در میزان رطوبت، که ممکن است به دلایل طبیعی، مانند نوسانات فصلی در سطح آب، یا جذب آب توسط ریشه های درختان بزرگ ایجاد شود. حفاری در نزدیکی سازه، رانش شمع در درون زمین، پمپاژ یا زهکشی نیز ممکن است تأثیر مهمی در نشست سازه ای پی داشته باشد؛
- فرسایش و به تحلیل رفتن زمین، ممکن است باعث ایجاد حفره هایی در لایه زیرین شود، که باعث میشود نشست سازه ای، رخ دهد؛
- اگر در مجاورت سایت تغییراتی ایجاد شود، مانند خاکریزی های حجیم و جدید، حفاری، ساخت یک سازه جدید، تونل سازی زیرزمینی، یا استخراج معادن و غیره، به دلیل افزایش تنش ها، ممکن است نشست رخ دهد؛
- ارتعاشات ناشی از رانش شمع به درون زمین یا ارتعاشات ناشی از ماشین آلات نوسانی و ضربه ای و همچنین شوک های ناشی از انفجار یا زمین لرزه، باعث نشست به خصوص در خاک های دانه ای میشود؛

[1] Water table
[2] Frost line

- حرکت زمین در دامنه های شیبدار تپه ها و کوهها. اگر فرسایش سطحی زمین، یا لغزش زمین رخ دهد، ممکن است مشکلات نشست وجود داشته باشد؛
- یا، بارهای ناخواسته ای که پس از ساخت اولیه ساختمان، وارد میشود.

نشست سازه را نباید با فرونشست زمین، که به دلیل بارگذاری بر روی زمین و یا به تحلیل رفتن زمین، و نتیجتاً کاهش سطح ارتفاعی آن اتفاق میافتد، اشتباه گرفت.

از نظر تئوریک، اگر کل شالوده ساختمان به طور یکسان دچار نشست شود، هیچ آسیبی به سازه وارد نمیشود. با این وجود، نشست سازه ای بیش از حد مجاز، ممکن است باعث بروز مشکلات، در تأسیسات ساختمان، از جمله خطوط لوله آب، فاضلاب، خطوط تلفن، و همچنین در سیستم جمع آوری آب های سطحی، و دسترسی به خیابان گردد.

برخی از نشست‌ها، پس از اتمام ساخت و ساز، کاملاً طبیعی است، اما نشست نابرابر (متفاوت)، ممکن است مشکلات قابل توجهی برای ساختمان‌ها، ایجاد کند.

اصطلاح نشست سازه ای، به عنوان جابجایی عمودی فونداسیون یک سازه به دلیل فشار و تغییر شکل خاک زیرین تعریف میشود. وقتی وزن سازه باعث ایجاد نشست متفاوت سازه ای شود، کل سیستم سازه تحت افزایش غیر قابل قبول تنش ها قرار میگیرد، و آن را دچار اعوجاج میکند، و در نهایت، ممکن است به فروپاشی سازه، منجر شود. به دلیل پیچیدگی خصوصیات ژئوتکنیکی خاک، و تأثیر نگران کننده لایه های طبقات تشکیل دهنده زمین، نشست سازه ای ساختمانها را میتوان فقط تحت شرایط استثنایی، با دقت پیش بینی کرد. با این وجود، یک تحلیل نظری از پدیده نشست سازه ضروری است. زیرا این نتایج، به مهندس مربوطه اجازه میدهد، حداقل عواملی را که اندازه و توزیع نشست سازه را تعیین میکنند، تشخیص دهد.

نشست خاکها، در واکنش به بارگذاری بر روی آنها، به طور کلی و عمدتاً، به دو دسته تقسیم میشود: نشست الاستیک، و نشست وابسته به زمان.

نشست های الاستیک، ساده ترین نوع از نشست ها هستند. بصورت آنی اتفاق میافتند، و قابل ترمیم میباشند، و ممکن است از روش تئوری الاستیک خطی محاسبه شوند.

نشست های وابسته به زمان، در هر دو خاک چسبنده (به هم پیوسته) و خاک دانه ای رخ میدهد، اگرچه، مدت زمان واکنش برای خاک های دانه ای، معمولاً کوتاه است. واکنش آنها به بارگذاری، غیرخطی است و معمولاً، فقط بخشی از تغییر شکل آنها، قابل ترمیم است.

همچنین باید در نظر داشت که ساخت پی های عمیق، ممکن است از بسیاری جهات، تهدیدی جدی برای بسیاری از ساختمانهای قدیمی همسایه باشد. بطور مثال، اگر سطح آب بالا باشد، ممکن است برای کاهش فشار آب در هنگام ساخت زیرزمین، نصب پمپ آب لازم باشد، و حتی ممکن است نیاز به یک سیستم آبگیری دائمی باشد. بسته به ماهیت و شرایط خاک های زیرین، کاهش سطح آب زیرزمینی تاسیسات مجاور، اثر نامطلوبی بر ساختمانهای همسایه ایجاد مینماید.

تأثیر دیگری که باید در ذهن داشته باشید، اینست که استقرار یک ساختمان جدید، باعث ایجاد نشست در ساختمانهای مجاور، میگردد. برای ساختمانهای واقع در مناطق زلزله خیز، علاوه بر در نظر گرفتن سختی و توزیع مناسب بار فونداسیون ها، صلبیت و استحکام تجویز شده آنها، نیز بسیار مهم است. در هنگام زلزله، به دلیل تکان های شدید زلزله، فونداسیون دچار چرخش زاویه ای میگردد، که این خود باعث تغییر مکان ساختمان میشود. درصورتیکه در اثر زلزله، ساختمان دچار ارتعاش آزاد سازه (یعنی پریود طبیعی سازه)، گردد، این تغییر مکان، بیشتر هم میشود.

۲-۲-۴-۶- بارهای ناشی از تغییر حجم مصالح

تغییر حجم مصالح، در اثر انقباض،[۱] خزش[۲]و تغییرات درجه حرارت[۳]بوجود می آید. موقعیکه از واکنش طبیعی و آزاد اعضاء ساختمان در سرحدهایشان جلوگیری میشود، در آنها نیرو ایجاد میگردد. در جایی که این تغییرات حجم، محدود میشود، تنش های محوری و دورانی در ساختمان ایجاد میگردد. تغییر حجم، تابعی از شکل و اندازه ساختمان، مصالح، سختی اعضاء سازه ای و نوع اتصالات میباشد. با بکاربردن مانع، در نقاطی از ساختمان که تنش های محوری و دورانی ممکن است ایجاد شود، میتوان تغییرات حجم را کنترل کرد، و این به معنی طرح اعضاء برای تحمل این تنش ها میباشد. واضح است که تغییرات حجم را با استفاده از درزهای انبساط[۴]که در آنها حرکت به آزادی صورت میگیرد، میتوان کنترل نمود.

تمایل در جهت نمایان کردن اسکلت ساختمانهای بلند، باعث میگردد که ساختمانهای مزبور، صلبیت کمتری داشته باشند، و به تغییرات درجه حرارت به شدت آسیب پذیر باشند. درجه حرارت داخل این ساختمانها کنترل میشود، ولی در خارج، تحت تاثیر تغییرات روزانه و فصلی هوا میباشند. این اختلاف درجه حرارت باعث حرکت قائم در پوشش نمای ساختمان (قسمت خارجی ساختمان که در معرض هوای آزاد میباشد)، میگردد. حرکت افقی سازه های کف، بوسیله سازه بام که در معرض اختلاف درجه حرارت محیط خارج و داخل ساختمان است، و همچنین بوسیله اختلاف درجه حرارت دو نمای مقابل هم، که یکی در معرض خورشید، و دیگری از خورشید محفوظ میباشد، ایجاد میگردد.

انواع زیادی از حرکات ساختمان، به اثرات درجه حرارت مربوط میباشند. عکس العمل ساختمان در مقابل حرکت ناشی از درجه حرارت متناسب با ارتفاع ساختمان میباشد. با افزایش صلبیت سازه

---

۱ Shrinkage

۲ Creep

۳ Temperature Load

۴ Expansion Joints

ای، واکنش بحرانی ساختمان به بارهای ناشی از درجه حرارت، کاهش میبابد. همچنین لازم به ذکر است که ،اثرات خزش و انقباض روی سازه ها، غالبا مشابه اثرات ناشی از درجه حرارت، میباشد.

تغییر شکل وابسته به زمان بتون، در طول سالها بعد از تغییر شکل بارگذاری اولیه، موسوم به خزش میباشد. تاثیر خزش در ساختمانها بطور کلی محدود به بتون میباشد، ولی در سیم های فولادی که برای پیش تنیدن[۱] اجزاء ساختمان بکار میروند، نیز ممکن است رخ دهد. سیم های فولادی که برای پیش تنیدن بکار میرود، تحت تنش ثابت، بطور ارتجاعی کشیده و منبسط میشود، و بدین وسیله تنش در عنصر سازه ای بتدریج کاهش میبابد. خزش در اعضاء بتون، بستگی به بزرگی تنش، مدت زمانی که تنش وارد آمده است، جنس سنگدانه‌ها، جنس سیمان، نسبت‌های اختلاط مصالح ساخت بتون، عمر و مقاومت بتون در زمان وارد شدن تنش دارد. کیفیت بتون و چگونگی قرار گرفتن آن در معرض هوا، نیز عوامل مهمی در مقدار خزش حاصله میباشند.

انقباض ماده ای، یک دلیل اصلی برای تغییرات حجم بتون میباشد، و بطور کلی مشخصه آن از بین رفتن تدریجی رطوبت در اعضاء بتونی میباشد. با پیدایش تنش های ناشی از انقباض، قیدهای اضافی دیگری لازم میگردد، که بنوبه خود بارهای اضافی به سازه وارد میکنند. ولی با وجود این، انقباض ماده ای را به روش های مختلف از جمله با کاهش مقدار آب مصرفی در مخلوط اولیه (با استفاده از مخلوط های خمیر کننده[۲] قوی که موجب میشوند تا از مقدار آب لازم کاسته شود)، و بوسیله عمل آوردن بتون در درجه حرارت های پایین تر (بطوریکه موقع سخت شدن بتون، آب کمتری جذب هوای محیط شود)، میتوان تا ۴۰ درصد کاهش داد.

۲-۲-۵- ترکیب بارها

ساختمانهای بلند در طول عمرشان در معرض بارهای متعدد میباشند، و بسیاری از بارها بطور همزمان روی سازه وارد میشوند. اگر بارها خط اثر مشترک داشته و با یکدیگر قابل جمع باشد، در این صورت اثر همه این بارها با یکدیگر، باید ترکیب شود. این شرط، لازم میسازد، که در طرح سازه ها تمام ترکیبات ممکن بارها، در نظر گرفته شود. احتمال وقوع بارهای ترکیب شده باید بطور آماری ارزیابی و اثر آنها تخمین زده شود. هر چقدر که اثر بار با دقت بیشتری تعیین شود، لزوم انتخاب ضرایب اطمینان بزرگتر برای جبران عوامل مجهول، کاهش میبابد.

ترکیب موثر و عملی بارها در آیین نامه ها، مشخص گردیده است. بطور کلی تشخیص داده شده است که ماگزیمم بارهای ناشی از تغییرات جوی و زلزله احتمالا هرگز با مقدار کامل بارهای زنده دیگر، همزمان رخ نخواهد داد، از این رو موقعی که بار زنده کامل بطور همزمان با بارهای ماگزیمم باد یا زلزله بکار میرود، آیین نامه اجازه میدهد که بر تنش مجاز ۳۳ درصد افزوده شود.

---

[۱] Prestressing

[۲] Plasticizing admixture

۲-۳- سازه های متداول برای ساختمانهای بلند

در این بخش، سازه ساختمانهای بلند مرتبه، بطور خلاصه مورد بررسی و مطالعه کلی قرار میگیرد، و عوامل موثر بر طرح آنها، شرح داده میشود.
قبل از معرفی متداول ترین سیستمهای باربر ساختمانهای بلند، باید عناصر سازه ای آن بیان گردد. عناصر سازه ای اساسی ساختمان، عبارتند از:

- **عناصر خطی**

مانند ستون و تیر: قادر به تحمل نیروهای محوری و دورانی.

- **عناصر سطحی**

مانند دیوار: توپر با سوراخ هایی مشبک و یا خرپایی.
دال: توپر یا دنده دار[۱] روی قاب کف تکیه دارد و قادر به تحمل نیروها در صفحه اش و عمود بر صفحه اش میباشد.

- **عناصر فضایی**

مانند پوش نما[۲] یا هسته مرکزی: برای بهم متصل کردن اجزاء ساختمان، تا بصورت واحد، عمل کند.

ترکیبی از این عناصر اساسی، سازه استخوان بندی ساختمان را بوجود می آورد. راه حل های ممکن بینهایت زیادی را میتوان در پیش چشم مجسم نمود. اما قبل از آنکه وارد مقوله سازه های متداول برای ساختمانهای بلند شویم، بهتر است نظری کوتاه به مصالح عمده مورد استفاده در سازه ساختمانهای بلند، بیافکنیم.

۲-۳-۱- مصالح سازه ای

همانطوریکه میدانیم، سازه ساختمانهای بلند را از نظر نوع مصالح مورد استفاده در آنها، میتوان به سه دسته عمده زیر، تقسیم نمود:

- ✓ ساختمانهای بتونی،
- ✓ ساختمانهای فلزی، و
- ✓ ساختمانهای مرکب.

این تقسیم بندی، البته به مواد و مصالح استفاده شده برای عناصر اصلی سازه، مانند ستون ها، تیرها، مهاربندیها و دیوارهای برشی اشاره دارد. سایر عناصر، مانند صفحات کف، به رغم سهم آنها در رفتار

[۱] Ribbed
[۲] Facade envelope

سازه ای، به عنوان عناصر اصلی سازه ای، در نظر گرفته نمیشوند. بنابراین یک ساختمان، با یک قاب بتونی (تیرها و ستونها)، سیستم مهاربندی یا دیوار برشی، در گروه ساختمانهای بتونی قرار میگیرد. یک ساختمان دیگر، با قاب فولادی، مهاربندی و دیوار برشی، یک ساختمان فولادی است، و اگر از هر دو ماده در این عناصر سازه ای، استفاده شود، در گروه ساختمانهای مرکب، قرار میگیرد.
این رویکرد نسبت به چند سال پیش، که اکثر ساختمانهای بلند برای پشتیبانی سازه ای، تقریباً منحصراً به فولاد وابسته بودند، از اهمیت بیشتری برخوردار است. میتوان از نسبت مقاومت به وزن[۱] بالاتر، سهولت مونتاژ و نصب در سایت، صرفه جویی در حمل و نقل به سایت، در دسترس بودن سطوح مختلف مقاومت، و انتخاب گسترده تر مقاطع سازه ای، بعنوان مزایای این رویکرد، نام برد. اگرچه ورود بتون به ساختمانهای بلند، کمی دیر هنگام بوده است، به دلیل وجود ویژگی های قالب پذیری و خاصیت ضد آتش بودن، معماران و مهندسان از بتون مسلح برای شکل دادن به ساختمان و عناصر آن به اشکال موزون و شیک، استفاده میکنند. علاوه بر این، در مقایسه با فولاد، ساختمانهای بلند بتون مسلح، دارای نسبت استهلاک (میرایی) بهتری هستند، که باعث میشود درک ناخوشایند ارتعاش ساختمان در هنگام بادهای شدید، به حداقل برسد، و همچنین سازه های بتونی سنگین تر، ثبات بیشتری را در برابر بارهای باد، ارائه میدهند. نوآوری های جدید در فنآوری ساخت و ساز، روش های طراحی و ابزار ساخت، همه به سهولت کار با بتون، در ساخت ساختمانهای بلند، کمک کرده است. همچنین، پیشرفت های فنآوری در مورد بتن با مقاومت بالا و سیستم های پمپاژ، استفاده از بتن در بلندترین ساختمان های جهان را امکان پذیر کرده است.
اگر نظری به ۲۰ ساختمان بلند (غیر مخابراتی) جهان که دربالای جدول از نظر ارتفاع قرار دارند، بیاندازیم، دیده میشود که یکی از آنها (که همان برج پارک مرکزی نیویورک با ارتفاع ۴۷۲/۴ متر است) دارای سازه کاملاً بتونی و بقیه ساختمانها، دارای یک سازه ترکیبی هستند، همانطوریکه در جدول شماره ۲-۱ دیده میشود.

[۱] مصالح ساختمانی، معمولاً بر اساس "نسبت مقاومت به وزن" یا "مقاومت ویژه" طبقه‌بندی میشوند. این به عنوان مقاومت یک ماده، نسبت به چگالی آن، تعریف میشود. این نسبت، برای مهندس سازه، نشانه‌ای است که یک نوع از مصالح ساختمانی در مقایسه با وزن آن، تا چه اندازه مفید است، با توجه به اینکه، وزن مصالح (به‌طور معمول) ارتباط مستقیم با هزینه آن و سهولت در ساخت دارد.

۲-۶- سازه برج های بتونی مخابراتی موجود دنیا

همانطور که میدانیم، برج های بتن آرمه، برای سیستم های پخش رادیو و تلویزیون به منظور نصب آنتن های مختلف ارتباطی و تجهیزات رادیوئی در ارتفاعات ویژه، ساخته میشوند.
یک برج بتن آرمه، عموماً متشکل از یک فونداسیون و یک شافت با ساختمان فوقانی است. بالای شافت بتن آرمه، یک برج فلزی آنتن قرار دارد. شافت با دیافراگم های سخت و محکم، استحکام یافته و آسانسورها و پله ها، در درون آن تعبیه شده است.
مزیت عمده برج ها، محدوده کوچک ساختمانی (نیاز به سایت محدود و کوچک)، امکان استقرار آنها نزدیک مناطق مسکونی و سهولت عملیات است. بعلاوه دیواره های مستحکم برجهای بتن آرمه، حفاظت بسیار کافی از کابل ها را که ممکن است در معرض اتمسفر قرار گیرند، فراهم میکنند. سهولت عملیات کابل گذاری را تامین میکنند و فضایی برای استقرار درون شافت، بدون ساختن ضمائم ویژه ایجاد میکنند.
یکی از معایب برج های بتن آرمه، وزن مرده آنهاست.
از نظر شرایط عملکردی، برج های بتن آرمه را میتوان به دو نوع رادیو - تلویزیون، و رادیو - رله تقسیم بندی کرد. برج های رادیو - تلویزیون، سازه های چند منظوره هستند، و برای استقرار آنتن های فرستنده و گیرنده، تجهیزات لازمه برای فرستنده های تلویزیونی و استقرار اغلب تجهیزات مخابراتی مورد استفاده قرار میگیرند. علاوه بر نقش عمده شان، برای مقاصد دیگری نیز سرویس دهی میکنند، مثلا بعنوان رستوران، محل تماشا و مشاهده مناظر و مرایا، و محل استقرار اسباب و تجهیزات برای تحقیقات علمی و غیره، بکار میروند.
برج های تلویزیونی عموما در شهرهای بزرگ ساخته میشوند و مشمول مقررات شدید معماری و ساختمانی هستند، که در واقع عاملی تعیین کننده، در انتخاب فرم سازه است.
برج های رادیو - رله از نوع سازه های تک منظوری به شمار می آیند. عموما به منظور نصب آنتن های گیرنده و فرستنده، و نصب تجهیزات لازمه برای ارتباطات رادیوئی یک سویه، مورد استفاده قرار میگیرند. برج های رادیو - رله سازه های نسبتا کم ارتفاعی هستند، و اغلب کمتر از ۱۰۰ متر ارتفاع دارند.
پارامترهای عمده سازه ای برج های مخابراتی، با نیازهای عملکردی لازمه، تعیین میشوند و میتوان بطورکلی به موارد زیر اشاره نمود:

- ✓ *الف) ارتفاع برج*، بستگی به خصوصیات و ویژگی های فنی تجهیزات رادیویی و تلویزیونی مورد استفاده و همچنین خصوصیات سایت مورد نظر دارد.

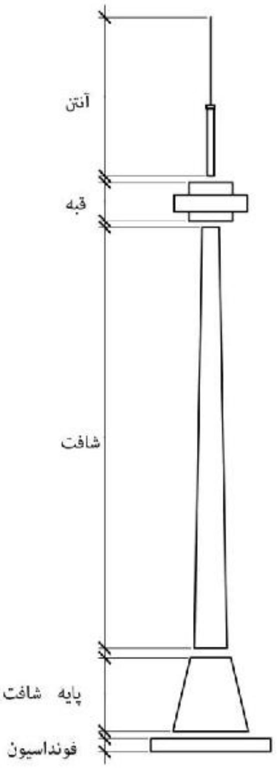
- ب) *ابعاد سطح مقطع عرضی شافت*، باید جوابگوی کلیه نیازهای مهندسی بوده و امکان استقرار مکانهای لازمه را فراهم آورد.
- ج) *صلبیت برج*، باید به گونه ای طراحی گردد که ماگزیمم زاویه انحراف آنتن فرستنده بین ۳ تا ۰/۳ درجه ثابت نگاهداشته شود.

اغلب برجهای بتن آرمه مخابراتی، دارای پلانهای مدور هستند، که این شکل نمایانگر بهترین ویژگی های آیرودینامیکی است، که اهمیت بسزایی در سازه این برجها دارد. اگرچه برخی از برجهایی که هم اکنون مورد استفاده قرار میگیرند، اشکال مربع، مثلث و لوزی در پلان دارند.

به جهت نگرش منظم، و دسته بندی اطلاعات لازمه در این زمینه، اشاره به موارد ذیل، ضروری به نظر میرسد.

همانطوریکه قبلا بیان گردید و در تصویر شماتیک شماره ۲-۵۹ هم دیده میشود، اجزاء تشکیل دهنده یک برج بتن آرمه مخابراتی، به قرار ذیل است:

- *فونداسیون:* که در واقع نشیمن گاه برج میباشد. نیروهای وارده از برج را به زمین منتقل میکند و در درون خاک مدفون میباشد.
- *پایه شافت:* که اتصال دهنده شافت به فونداسیون میباشد و تناسبات آن در برج های مختلف متفاوت میباشد. در تعدادی از برجها، بنا به دلایلی، این عنصر، حذف شده است.
- *شافت:* که بدنه اصلی و طویل برج میباشد، و معمولاً به شکل مخروط یا منشور ناقص است، و پس از آن، سازه نگاهدارنده آنتن شروع میگردد. شافت میتواند تا انتهایی ترین نقطه برج ادامه داشته باشد و آنتن ها مستقیما بر روی بدنه آن نصب گردند. در این صورت، به دلایل فنی و مخابراتی، فرم شافت از فرم



تصویر ۲-۵۹- اجزاء تشکیل دهنده یک برج بتن آرمه، بصورت شماتیک

مخروط یا منشور ناقص (با سطوح شیبدار خارجی) تبدیل به سطوح عمودی (مانند استوانه و یا منشور) میگردد.

- *قبه:* که تاسیسات و تجهیزات مخابراتی، رستوران و سایر خدمات توریستی، در آن واقع شده است، و در هر سطح ارتفاعی از شافت میتواند قرار داشته باشد. بهترین موقعیت آن، از نقطه نظر فنی و مخابراتی، در حالتی است که فاصله فرستنده ها (که در درون فضاهای قبه هستند) تا آنتن ها به حداقل برسد.
- *سازه آنتن:* که انتهای ترین المان تشکیل دهنده یک برج میباشد، و میتواند ادامه شافت بتونی بوده و یا بصورت مستقل و پیش ساخته (از فلز و غیره) نصب گردد.

حال به طور مختصر، اجزای پنجگانه تشکیل دهنده برج بتون آرمه، از نقطه نظر سازه ای، ذیلاً تحلیل میگردند.

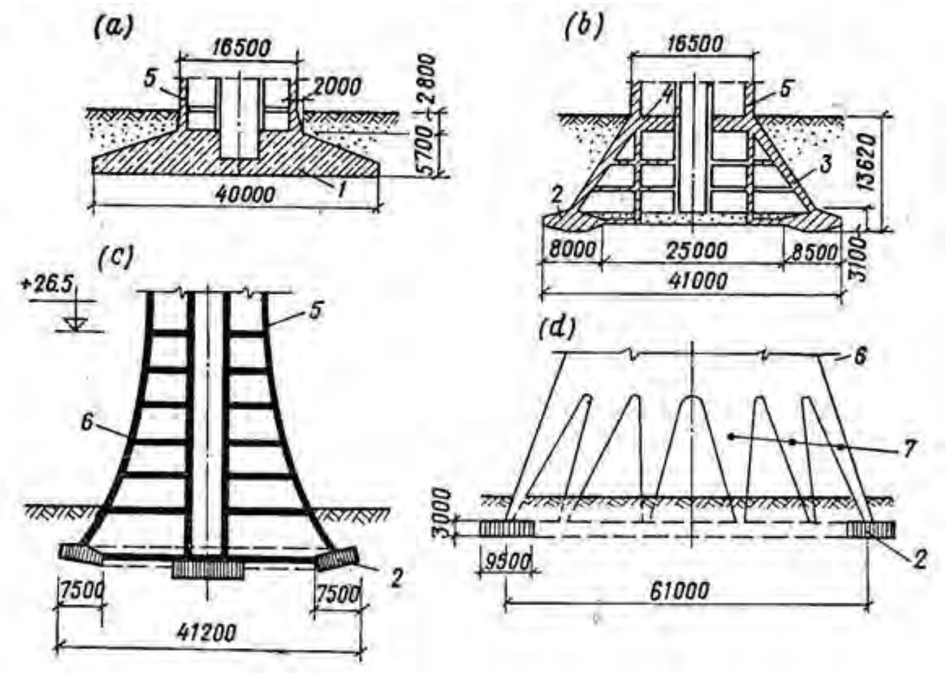
۲-۶-۱- فونداسیون

فونداسیون، برای شافت های استوانه ای یا مخروطی، عموماً بصورت صفحات توپر مدور (تصویر شماره a ۲-۶۰) یا صفحات حلقوی (تصاویر شماره d و c, b ۲-۶۰) و یا بطور استثنایی به شکل صفحات مربع یا مستطیل توپر ساخته میشوند. فونداسیون، برای برج های هرمی یا منشوری، معمولاً به شکل صفحات مستطیلی توپر ساخته میشوند. فونداسیون ها را میتوان با / یا بدون یک قسمت برجسته صندوقه ای شکل، بنا کرد (هنگامیکه عمق، نسبتاً کوچک است). در فونداسیون های بدون قسمت برجسته صندوقه ای شکل، صفحه فونداسیون مستقیماً به شافت برج (تصویر شماره a ۲-۶۰)، و یا به پایه شافت (تصویر شماره c ۲-۶۰) و یا به ساق های نگاهدارنده شافت متصل میشود (تصویر شماره d ۲-۶۰).

بخش برجسته صندوقه ای شکل فونداسیون (که در واقع بخش واسط بین فونداسیون و شافت میباشد) به اضافه صفحه فونداسیون، معمولاً در زیر خاک استقرار مییابند. قسمت برجسته صندوقه ای شکل، معمولاً به شکل پوسته مخروطی ساخته میشود (تصویر شماره b ۲-۶۰).

طرحهای فونداسیون برای برجهای رادیو - تلویزیون و رادیو - رله، در بسیاری موارد به طرحهای فونداسیون برای برج های آب و دودکش ها شبیه اند، که در این مبحث جزئیات آنها مورد بررسی قرار نمیگیرند. معذالک بایستی متذکر شد که انتخاب یک طرح برای فونداسیون برج ها، بستگی به ارتفاع برج، اندازه ساختمانهای فوقانی برج، و ویژگی های سایت دارد، که بطور مثال تعیین کننده میزان گشتاور خمشی باد هستند. طرح فونداسیون، همچنین بستگی به عمق آن نیز دارد. برای برجهای نسبتأ بلند رادیو - تلویزیون (به ارتفاع ۱۲۰ تا ۱۵۰ متر) ساختن پی هایی که به شکل صفحات حلقوی هستند، مزیت دارد. زیرا توزیع تنش زیر فونداسیون های حلقوی، مطلوب تر از توزیع

آن زیر فونداسیون های مدور توپر است (تصویر شماره ۲-۶۱). این، بخاطر این نکته است که نسبت گشتاور مقاوم حلقه به مساحت آن، بیشتر از این نسبت برای دایره است.



تصویر ۲-۶۰- فونداسیون برج ها

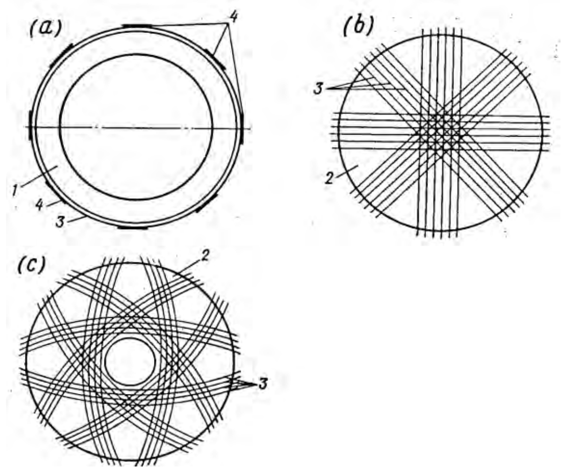
a: در برج مونیخ b: در برج هامبورگ c:در برج برلین d: در برج مسکو

۱- صفحه توپر مدور ۲- صفحه حلقوی ۳- پوسته مخروطی قسمت برجسته صندوقه ای شکل فونداسیون

۴- دیافراگم ۵- شافت ۶- پایه شافت ۷- ساق های نگاهدارنده شافت

تصویر ۲-۶۱- دیاگرام توزیع تنش، برای محاسبات فونداسیون

صفحات فونداسیون، به ویژه صفحات حلقوی با قطر زیاد، را باید برای نیروهای رانشی سازه هایی (پوسته های مخروطی یا هذلولوی، ساق های شیب دار و غیره) که روی آنها قرار میگیرند، محاسبه نمود، زیرا موجب تنش های کششی گسترده ای در صفحات فونداسیون میشوند. برای جلوگیری از تشکیل ترک ها در بتن، یا کاهش باز شدگی آنها، صفحات فونداسیون برج های بلند، اغلب به شکل سازه هایی با استحکام پیش فشردگی (ایجاد شده در بتن)، ساخته میشوند. برای این منظور از رشته ها و کابل های با مقاومت بالا استفاده مینمایند. استحکام پیش فشردگی ایجاد شده، عموماً به شکل دوار در کرانه های خارجی صفحات ایجاد میشوند (تصویر شماره a ۲-۶۲). در برخی طرح ها، تقویت سازه ای در راستای مدار مرکزی قرار داده میشود (تصویر شماره b ۲-۶۲) و یا آنچه که در تصویر شماره c ۲-۶۲ نشان داده شده است.



تصویر ۲-۶۲- استحکام کششی صفحات فونداسیون

۱- صفحات حلقوی ۲- صفحه توپر مدور ۳- تقویت کششی ۴- نقطه لنگرگاه تقویت کششی حلقوی

ایجاد تقویت پیش فشردگی، حتی بصورت محدود، قبل از بناکردن ساختمان روی صفحات فونداسیون لازم است. پس از بارگذاری، بخش های تقویت شده آنرا باید با لایه ای از بتن یا دوغاب مطمئن، محافظت نمود. استفاده از پیش تنیدگی همراه با تقویت های کششی بتن را باید مورد توجه دقیق قرار داد. بایستی در نظر داشت که سازه فونداسیون بطور مداوم تحت تاثیر رطوبت سیستماتیک قرار میگیرد، که نشان دهنده خطری است که در مسیر استحکام پیش فشردگی (به ویژه در استحکام کابل های با مقاومت بالا) ایجاد میشود. بخصوص در لایه های غیر متراکم بتن، که بطور اجتناب ناپذیری موجب ایجاد ترک میشود.

فونداسیون های برج های رادیو و تلویزیون، از بتن نوع ۳۰۰ الی ۴۰۰ ساخته میشوند. استفاده از آرماتورهای فولادی نوع A-III باعث تقویت در سازه فونداسیون ها، میگردد.

فصل هفتم

ضمائم، منابع و مآخذ

۷-۱- منابع و مآخذ انگلیسی

1. Berner, H. (1963). Die Antennenanlage auf dem Donnersberg (The aerial installation on the Donnersberg). *SEL Nachrichten*, 11(2), pp.86–92.
2. Bolt, F.D. and Beresford-Cooke, A.M. (1965). *Towers and masts for VHF and UHF transmitting aerials,* Brussels, E.B.U. Technical Centre.
3. Bononyi, J. and Wills, R.G. (1964). *The development of transmitting aerials for bands IV and V. Sound and Vision Broadcasting*. 3rd ed. SMPTE.
4. Drabowitch, S. (1959). L'antenne a panneau directif et ses dispositifs d'alimentation (Directional panel aerials and feeding arrangements). *Revue Technique C.F.T.H.*, 23.
5. Hanneman, I.G., Ramboll, B.J. and Mogensen, I. (1958). Steel masts and towers for the Danish Radio and TV broadcasting systems. *Teleteknik*, 2(1).
6. Hayden, J.R. (1957). Tall television towers. *Boston Society of Civil Engineers Journal*.
7. Hill, P.C.J. (1964). Measurement of reradiation from lattice masts at v.h.f. *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, 111(12), p.1957.
8. Huber, F.R. and Neubauer, H. (1960). Die Goubau-Leitung im praktischen Einsatz (Practical utilisation of a Goubau line). *Rohde & Schwarz Mitteilungen*, (13), pp.332–343.
9. International Radio Consultative Committee (1955). *Atlas of ground-wave propagation curves for frequencies between 30 Mc/s and 300 Mc/s.* Geneva: International Telecommunication Union.
10. International Telecommunication Conference (1961). *Technical data used by the European VHF/UHF Broadcasting Conference.* Geneva: International Telecommunication Conference.
11. Kaltbeitzer, K.H. and P Blancheville (1965). *Site selection for VHF and UHF transmitting stations*. Brussels, E[Uropean] B[Roadcasting] U[Nion] Technical Centre.
12. Rateau, M. (1964). Les antennes panneaux a fentes pour ondes decimetriques (Slot antennas: Principles and practice). *L'Onde Electrique*, (452).

13. Renoir, M., Dassonville, R., Destrade, M. and Pham van Cang, L. (1964). *Les antennes C.S.F. pour la television en ondes decimetriques (C.S.F. antennas for television at decimetric wavelengths)*. IBE: International Broadcast Engineer., p.465.
14. Shellard, H.C. (1962). Extreme wind speeds over the United Kingdom for periods ending 1959. *The Meteorological Magazine*, 91(1).
15. Thielcke, H. (1964). The sharing by VHF and UHF transmitters of medium-wave transmitter sites. *E.B.U. Review*, (83-A).
16. Skyscraperpage.com (2017). *City Diagram Links - Skyscraperpage.Com*. [online] Available at: http://skyscraperpage.com/diagrams/links [Accessed 16 February 2017].
17. US Inflation Calculator (2020). *US Inflation Calculator*. [online] Available at: https://www.usinflationcalculator.com [Accessed 11 December 2020].
18. Heinle, E. and Leonhardt, F. (1989). *Towers*. London: Butterworths.
19. American Galvanizers Association. (2020). *Zinc Coatings|American Galvanizers Association*. [online] Available at: https://galvanizeit.org/corrosion/corrosion-protection/zinc-coatings [Accessed 4 December 2016].
20. Florianturm.de. (2020). [online] Available at: http://florianturm.de/data/documents/Anna-Lederer-Dplom-Pruefung-Nebenthemas-Fernsehtue.pdf [Accessed 5 July 2016].
21. Florianturm.de. (2020). [online] Available at: http://florianturm.de/data/documents/Anna-Lederer-Dplom-Pruefung-Nebenthemas-Fernsehtue.pdf [Accessed 5 July 2016].
22. Sterling, B. (1994). Spires on the Skyline. *The magazine of Fantasy and Science Fiction*, p.11.
23. OConnor, D. (2016). *A Broadcaster'S Guide to Washington Issues*. [online] TV News Check. Available at: https://tvnewscheck.com/article/110351/a-broadcasters-guide-to-washington-issues-14 [Accessed 4 June 2017].
24. Design Build. (2019). *Analysis*. [online] Available at: https://www.designbuild-network.com/projects/guangzhou-tv-tower [Accessed 17 August 2019].
25. Coy, J. (2011). *City Branding: Part 2: Observation Towers Worldwide, Architectural Icons Make Cities Famous - What'S Your City'S Claim Tofame? / Jeff Coy, IHSC / December 2011*. [online] Hotel-online.com. Available at: https://www.hotel-online.com/News/PR2011_4th/ Dec11_ CityBranding2.html [Accessed 1 October 2016].
26. Reichetzeder, M. (2010). *Home - Towerrunning*. [online] Towerrunning. Available at: https://www.towerrunning.com [Accessed 8 March 2015].
27. Ctbuh.org. (2009). *Council On Tall Buildings and Urban Habitat*. [online] Available at: https://www.ctbuh.org [Accessed 16 November 2014].
28. Ernst-und-sohn.de. (2005). *Journal Articles - Page 2 | Ernst-Und-Sohn.De*. [online] Available at: https://www.ernst-und-sohn.de/index.php?q=en/journal [Accessed 7 July 2014].
29. Walther, R. (2001). [online] Staring-le.de. Available at: http://www.staring-le.de /vortraege/Fernmeldetuerme_Beton3.pdf [Accessed 13 September 2014].

30. Absoluteastronomy.com. (2001). *Fernmeldeturm Berlin – Absoluteastronomy .Com*. [online] Available at: http://www.absoluteastronomy.com/topics/ Fernmeldeturm_ Berlin [Accessed 26 March 2017].
31. Academic dictionaries and encyclopedias. (1999). *Fernmeldeturm*. [online] Available at: https://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/437363 [Accessed 28 May 2017].
32. Leonhardt, F. (1996). *Archinform*. [online] Available at: https://www.archinform.net/arch/230.htm [Accessed 25 January 2016].
33. Marcuse.faculty.history.ucsb.edu. (2006). *Historical US Dollars to German Marks Currency Conversion*. [online] Available at: http://marcuse.faculty. history.ucsb.edu/ projects/currency.htm [Accessed 23 May 2015].
34. Wiegels, J. (2013). *Jörg Wiegels' Homepage - Hohe Türme*. [online] Wiegels.net. Available at: http://www.wiegels.net/tuerme/hoch.phtml [Accessed 1 June 2016].
35. De.wikipedia.org. (2004). *Liste Der Fernsehtürme Und Sendeanlagen der Deutschen Funkturm Gmbh*. [online] Available at: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Fernseht%C3%BCrme_und_Sendeanlagen_der_Deutschen_Funkturm_GmbH [Accessed 22 April 2015].
36. Absoluteastronomy.com. (2003). *List of Towers - Absoluteastronomy.Com*. [online] Available at: http://www.absoluteastronomy.com/topics/List_ of_towers [Accessed 21 July 2014].
37. De.wikipedia.org. (2004). *Liste Der Höchsten Fernsehtürme*. [online] Available at: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_h%C3%B6chsten_ Fernseht%C3%BCrme [Accessed 1 September 2017].
38. Turner, B., (1998). *The Telecom Tower*. 2nd ed. Albion Park, N.S.W.: B. Turner.
39. Schueller, W. (1996). *The Design of Building Structures*. 1st ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
40. Schueller, W. (1986). *High-rise building structures*. Malabar, Fla.: R.E. Krieger Pub. Co.
41. Google.co.uk. (2018). [online] Available at: https://www.google.co.uk/maps [Accessed 30 May 2017].
42. Fgg-web.fgg.uni-lj.si. (2009). *ESDEP LECTURE NOTE [WG1B]*. [online] Available at: http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~/pmoze/ESDEP/master/wg01b/l0720.htm [Accessed 8 April 2019].
43. Baikov, V. and Sigalov, E., (1981). *Reinforced Concrete Structures*. Moscow: Mir Publishers, pp.444-460.
44. Abu.org.my. (1998). *ABU – Asia-Pacific Broadcasting Union*. [online] Available at: https://www.abu.org.my [Accessed 14 April 2015].
45. Kathrein-solutions.com. (2008). *RFID Antennas*. [online] Available at: https:// www.kathrein-solutions.com/products/rfid/antennas [Accessed 8 Sep. 2016].
46. Worldradiohistory.com. (1982). *INTERNATIONAL BROADCAST ENGINEER: UK Technical Publication*. [online] Available at: https://worldradiohistory.com/ International-Broadcast-Engineer.htm [Accessed 10 September 2015].
47. Tech.ebu.ch. (2003). *EBU Technical Review*. [online] Available at: https://tech.ebu.ch/ techreview#:~:text=The%20EBU%20Technical%20Review

%20is,latest%20technological%20developments%20in%20broadcasting. [Accessed 3 October 2016].

48. Canadian Architect. (2004). *Magazine - Canadian Architect*. [online] Available at: https://www.canadianarchitect.com/magazine [Accessed 15 October 2019].
49. TELE System. (2003). *TELE System: All The Digital You Want*. [online] Available at: https://www.telesystem-world.com/web/it_en/electronic/home.html [Accessed 12 December 2018].
50. Wikipedia. (n.d.). *Communications in Iran*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Communications_in_Iran#Internet [Accessed 22 Dec. 2020].
51. Wikipedia. (n.d.). *Antenna types*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_types [Accessed 23 Dec. 2020].
52. Wikipedia. (n.d.). *Super high frequency*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Super_high_frequency[Accessed 23 Dec. 2020].
53. Wikipedia. (n.d.). *Ultra high frequency*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Ultra_high_frequency [Accessed 28 Aug. 2020].
54. Wikipedia. (n.d.). *Very high frequency*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Very_high_frequency [Accessed 23 Dec. 2020].
55. Wikipedia Contributors (2019). *High frequency*. [online] Wikipedia. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/High_frequency.
56. Tx.mb21.co.uk. (n.d.). *mb21 - The Transmission Gallery*. [online] Available at: http://tx.mb21.co.uk/gallery/gallerypage.php?txid=1259&pageid=698 [Accessed 28 Dec. 2020].
57. Taranath, B.S. (2010). *Reinforced concrete design of tall buildings*. Boca Raton: Crc Press.
58. Taranath, B.S. (2012). *Structural analysis and design of tall buildings: steel and composite construction*. Boca Raton: Crc/Taylor & Francis.
59. Ali, M. and Moon, K. (2018). Advances in Structural Systems for Tall Buildings: Emerging Developments for Contemporary Urban Giants.*Buildings*,8(8),p.104.
60. Miguel Serras Delgado Valente, J. (n.d.). *Tall Buildings and Elevators, Historical Evolution of Vertical Communication Systems*. [Thesis for the Degree of Master] pp.3–21. Available at: Tall Buildings and Elevators - Técnico Lisboa - Autenticação [Accessed 9 Feb. 2021].

۷-۲- منابع و مآخذ فارسی

1. ابوالقاسمی فخری، غلامحسین (۱۹۷۷). *ساختمان های فلزی در اروپا و امریکا*. تهران، چاپخانه مروی.
2. ثقت‌الاسلام، سید محی‌الدین (۱۳۹۶). *سازه برج‌ها و دکل‌های مخابراتی*. چاپ دوم. تهران، نوآور.
3. ثقت‌الاسلام، سید محی‌الدین (۱۳۷۱). *برج تلویزیونی تهران*. کارشناسی ارشد. دانشگاه شهیدبهشتی.
4. حسینی الست، سید حسن (۱۳۶۳). *دنیای شگفت انگیز ارتباطات ماهواره ای*. تهران، سروش.
5. طالقانی، محمود (۱۳۶۳). *تهویه مطبوع*. تهران، شرکت مهندسی تریپ کلر.
6. عادلی، حجت اله (۱۳۶۹). *سازه های ساختمان بلند*. تهران، دهخدا.
7. گنجه لو، علی (۱۳۵۵). معماری عمودی. کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
8. لینچ، کوین (۱۳۹۵). *سیمای شهر*. ترجمه منوچهر مزینی. چاپ دوازدهم. تهران، دانشگاه تهران.
9. محمدی خبازان، مهدی (۱۳۶۸). *طرح و محاسبه قالب برای سازه های بتنی*. تهران، دهخدا.
10. isa.ir. (n.d.). *سازمان فضایی ایران*. [online] Available at: https://isa.ir/fa/index.php [Accessed 22 Dec. 2020].

Principles of
Concrete Telecom Towers
Design

در دنیای مدرن، وسایل ارتباط جمعی نقشی عظیم در مبادله افکار، ایده ها و نظرات آحاد جامعه دارند، که این خود باعث توسعه و پیشرفت فرهنگ و تمدن بشری میگردد. اثرات وسایل ارتباط جمعی، ممکن است جنبه های مختلفی را در بر داشته باشد، که میتوان به جنبه های سیاسی، اجتماعی، روانی و اقتصادی آن اشاره نمود. آنها ممکن است بر روی عقاید و تفکرات، سلیقه افراد جامعه، ارزش ها، یا حتی بر روی رفتار ظاهری افراد، تاثیری عمیق بگذارند. در میان این وسایل ارتباطی، تلویزیون، جذابیتی خاص، و نقشی بی بدیل در ایجاد ارتباط با مخاطبین خود را دارا میباشد، که تقریباً تمام گروه های سنی را در بر میگیرد.

تلویزیون را میتوان از منظر تأثیرات اجتماعی، امکانات آموزشی، تبلیغات فرهنگی یا تجاری، اثرات سلامتی، و همچنین اثرات روانشناختی آن، مورد بحث و ارزیابی قرار داد. در زمینه تأثیرات اجتماعی آن، در تحقیقاتی که اخیراً انجام شده، گفته شده است، که بطور مثال، افرادی که از انزوای اجتماعی رنج میبرند، میتوانند از تلویزیون، برای ایجاد رابطه‌ای مثبت با شخصیت‌های نمایش های تلویزیونی بهره ببرند، و از این راه تا حدی بر احساس تنهایی و محرومیت اجتماعی خود، غلبه نمایند.

هم اینک با استفاده از پیشرفتهای تکنولوژی چند دهه اخیر، روز به روز بر حیطه عمل و کارآیی این سیستم ارتباطی افزوده شده، و با بکارگیری ماهواره های مخابراتی، امکان پوشش جهانی برای فرستنده ها، بوجود آمده است. در این میان، نیاز به آنتن های فرستنده زمینی و احداث دکل ها و برج های فلزی و بتونی، برای نصب آنتن های فرستنده، جهت رساندن امواج به گیرنده های متعارف، ضروری میباشد.

با توجه به نقش عظیم و سترگ این سازه های خارق العاده، ارائه تصویری روشن و واضح از وضعیت برج های بتونی مخابراتی در جهان، امری لازم و ضروری بنظر میرسد، که نگارنده سعی در انجام آن دارد.

هدف از انتشار این کتاب، ارائه این تصویر میباشد، تا به آرشیتکت ها و مهندسین طراح، امکان درک این سازه های عظیم و منحصر به فرد ساخته دست بشر مدرن، داده شود. و صد البته هدف مهمتر، ارائه معیارهای طراحی، به آرشیتکت ها، مهندسین سازه، مخابرات، ژئوتکنیک و دیگر متخصصین درگیر در این گونه پروژه ها، میباشد.

بطور خلاصه، میتوان گفت که کتاب حاضر، به هفت فصل تقسیم گردیده است، که به ترتیب راجع به تجهیزات فنی، سازه، تکنولوژی اجراء، معماری، تاسیسات، تعمیرات و نگهداری برج های مخابراتی بحث شده است؛ و در نهایت، فصل هفتم شامل فهرست منابع و مآخذ فارسی و انگلیسی، فهرست تصاویر و جداول بکار رفته در کتاب، لیست برج ها و دکل های مخابراتی موجود با ارتفاع ۳۵۰ متر و بیشتر در جهان، به اضافه جداول مقایسه ای سیستم های درون سازه ای و برون سازه ای میباشد.

امید است که این کتاب، اثری قابل استفاده برای دانش پژوهان عزیز، بخصوص متخصصین معماری، سازه، ژئوتکنیک، و مخابرات باشد.

Seyed Mohyeddin Seghatoleslam